ENDEAVOUR

Revista trimestral destinada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN XIV Abril 1955 NUMERO 54

SUMARIO

Editorial: El Año Geofísico Internacional 59

621.384.6:537.13:537.591.1
Aceleradores de partículas de alta energía — SIR JOHN COCKCROFT y T. G. PICKAVANCE — 61

541.653:548.73
Determinación de la configuración absoluta de los antípodas ópticos — J. M. BIJVOET — 71

594.5:591.176:591.18
Los cambios de color de los cefalópodos — WILLIAM HOLMES — 78

539.17:546.79
Aspecto químico de la industria atómica — E. GLUECKAUF — 83

681.2(091)
Los antiguos fabricantes ingleses de instrumentos — DEREK J. PRICE — 90

595.3:591.176:591.147
Los cambios de color en los crustáceos y la neurosecreción — SIR FRANCIS KNOWLES — 95

049.3
Revista de libros 105

Libros recibidos 110

Notas sobre los colaboradores 112

Redactor-jefe: TREVOR I. WILLIAMS
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN

Imperial Chemical Industries Limited, Millbank, Londres, S.W.1
Toda comunicación a los editores debe dirigirse a North Block, Thames House, Millbank, Londres, S.W.1

El Año Geofísico Internacional

Dos grandes empresas internacionales, conocidas con los nombres de Primero y Segundo Años Polares Internacionales, contribuyeron eficazmente al conocimiento y comprensión de varias ramas de la geofísica, especialmente de las que se refieren al magnetismo terrestre, las auroras y la meteorología. El Primer Año Polar tuvo lugar en 1882–3, el Segundo en 1932–3.

En esos dos años se estableció un cierto número de estaciones en las regiones polares, donde son mayores las perturbaciones del campo magnético de la Tierra, donde las auroras se observan más frecuentemente y donde se encuentran las zonas tormentosas más intensas. Las observaciones hechas en esas estaciones provisionales fueron completadas con las verificadas en varios observatorios fijos.

Al organizarse el Segundo Año Polar, las investigaciones ionosféricas se hallaban en la infancia, pero se añadieron al programa de observaciones de aquel año, aunque los métodos de observación ahora nos parecen rudimentarios. Como se han desarrollado desde entonces nuevas técnicas, y como muchos de los problemas de la geofísica dependen para su solución de las observaciones hechas en numerosos lugares del mundo, parece que un Tercer Año Polar que concentrara sus esfuerzos en esos problemas sería de gran utilidad para el avance de la geofísica.

En 1950 y 1951 se presentaron proposiciones encaminadas a ese fin ante los tres organismos científicos internacionales interesados en este asunto: la Unión Radiocientífica Internacional, la Unión Geodésica y Geofísica Internacional y la Unión Astronómica Internacional, todos los cuales aprobaron la propuesta. El Consejo Internacional de Uniones Científicas aprobó también la proposición y extendió su alcance sugiriendo la inclusión de observaciones en todas las latitudes; de modo que la empresa se denomina ahora el «Año Geofísico Internacional». Se formó un comité internacional para revisar los planes, y se han constituído también comités nacionales en los países participantes, que se elevan ahora al número de 36. Es alentador el hecho de que la Unión Soviética, aunque no es miembro del Consejo Internacional de Uniones Científicas, haya aceptado la invitación de intervenir en la empresa. La Organización Meteorológica Mundial ha acordado también participar en ella.

El Comité internacional, *Comité Spécial de l'Année Géophysique Internationale*, ha decidido que el «Año» se extienda desde julio de 1957 hasta diciembre de 1958. La época señalada es importante, porque el Sol estará cerca de su actividad máxima en 1957–8, cuando es de esperar que surjan con frecuencia las manchas solares, así como las erupciones brillantes y las prominencias.

Es bien conocida la estrecha relación existente entre la actividad solar y ciertos fenómenos terrestres, como las perturbaciones geomagnéticas, las auroras, las tormentas ionosféricas, y las irregularidades de la propagación de las ondas hertzianas. Pero quedan todavía muchos puntos por aclarar sobre los detallados procesos físicos que implica esta correlación. Se están realizando los preparativos necesarios para lograr que se mantenga una observación del Sol lo más continua posible desde estaciones bien distribuídas en longitud. Entre estas observaciones figurarán las de la corona solar desde estaciones de gran altura, de las medidas del campo magnético general del Sol y de los campos localizados relacionados con las manchas solares y con otras zonas perturbadas, la inspección cinematográfica de las características solares y de las perturbaciones cromosféricas, y la captación por diversos métodos de las radiaciones solares de longitudes de onda de radio.

Las estaciones permanentes que realizan observaciones sobre estas materias participarán, naturalmente, en el programa, y la mayor parte de sus trabajos será ampliada en número y en alcance. Pero estas estaciones no están adecuadamente distribuídas en longitudes y latitudes, por lo que se piensa establecer muchas estaciones especiales en puntos estratégicos.

Se han planeado tres cadenas meridianas de estaciones. La primera se extiende, aproximadamente, a lo largo del meridiano 80° O, desde el Artico, a través de Norteamérica, recorriendo la costa occidental de Sudamérica, hasta el Antártico. La segunda recorre el meridiano 10° E, a través de la Europa Occidental, Túnez, el Sahara y la costa occidental de Africa, hasta el Antártico. La tercera pasa por el meridiano 140° E, a través del territorio soviético, Japón, Nueva Guinea y Australia. Estas cadenas meridianas son de especial importancia para la investigación de la circulación general de la atmósfera.

Se va a prestar una atención especial a las regiones del Antártico, del Artico y del Ecuador. La primera es una importante masa de tierra, la

más fría del globo, cubierta por una extensa capa de hielo. Hay que investigar su influencia sobre el clima de nuestro planeta y sobre la dinámica atmosférica y oceanográfica. Se sabe poco de la aurora austral y de si sus características difieren de las de la aurora boreal. El curso de la zona meridional de máxima frecuencia auroral no ha sido suficientemente investigado. Se intenta determinar las características de la ionosfera durante la prolongada ausencia de la luz solar. Las dos regiones polares son de una importancia especial para los estudios geomagnéticos. Se han hecho ya planes para establecer once estaciones en el continente antártico, al sur del círculo antártico, y otras diez estaciones en las islas circunvecinas. Se establecerá una estación cerca del Polo Sur.

En el Artico, la zona de máxima frecuencia auroral está bien situada para la observación. Recibirán particular atención la meteorología, las auroras, la luminosidad del aire, el geomagnetismo y la ionosfera. Debido a la importancia de Groenlandia, que se extiende desde cerca del polo geomagnético norte hasta la zona de máxima actividad auroral, se piensa establecer allí varias estaciones provisionales.

La región ecuatorial tiene importancia para los estudios geomagnéticos, ionosféricos y de rayos cósmicos. Se investigarán las corrientes eléctricas en la alta atmósfera, cuya existencia parece indicada por las variaciones magnéticas observadas en las estaciones próximas al ecuador geomagnético. Es preciso hacer observaciones sobre las frecuencias críticas ionosféricas y sobre los rayos cósmicos en la región ecuatorial.

Se utilizarán abundantes globos para obtener información acerca de la densidad, presión y temperatura de la atmósfera, velocidades del viento e intensidades de los rayos cósmicos hasta la altura de unos 30 kilómetros. Se usarán aviones para sondeos especiales en la ionosfera. Se lanzarán cohetes que alcanzarán alturas hasta de 200 kilómetros, y otros más pequeños, disparados desde globos o aviones, capaces de ascender más de 80 kilómetros, que irán provistos de instrumentos de registro y telemedición.

Se ha incluído en el proyecto un amplio programa de determinaciones de longitudes y latitudes. Los cambios estacionales del momento angular de los vientos quedan compensados por los cambios correspondientes en el momento angular de la Tierra, causando una pequeña variación estacional en su ritmo de rotación. Los cambios estacionales de presión, que implican el desplazamiento de grandes masas de aire, inclinan ligeramente el eje de la Tierra y producen una variación anual en ciertas latitudes estudiadas. Estos efectos se investigarán en conjunción con los datos meteorológicos. Las determinaciones de tiempo, en combinación con las horas de recepción de las señales horarias radiadas, suministrarán información sobre las velocidades de las ondas largas y cortas de radio y su dependencia con respecto a las condiciones ionosféricas.

La luna y las estrellas serán fotografiadas por cámaras especiales, ajustadas a los telescopios de los actuales observatorios astronómicos, para la investigación de los cambios en la rotación de la Tierra y para la triangulación de todo nuestro planeta.

Además de las observaciones cotidianas normales, se han señalado dos días de cada mes, conocidos con el nombre de Días Mundiales Regulares, para concentrar las observaciones de todas las estaciones, proveyendo así de datos simultáneos sobre los fenómenos mutuamente relacionados. Uno de esos días será el de la luna nueva, y otro el del cuarto de luna, o muy próximo a él. Se han seleccionado otros días mundiales adicionales para hacer observaciones especiales, por tratarse de días de excepcional actividad meteórica, o de días en los que tenga lugar un eclipse de sol. Para la investigación de movimientos atmosféricos, se requieren períodos de tiempo más largos que un solo día. En cada trimestre se han seleccionado diez días consecutivos, conocidos con el nombre de Intervalo Meteorológico Mundial, para la intensiva observación meteorológica.

Son muy de desear las observaciones intensivas durante las épocas de extraordinaria actividad solar. Estos períodos no pueden ser previstos exactamente con demasiada anticipación. En vista de esto, se ha trazado un plan para que se transmita la señal de alerta, a través de una red de comunicaciones, siempre que aparezcan signos de una inminente intensificación de la actividad solar, que den lugar a la constitución de un Intervalo Mundial Especial en el término de cuatro a seis días. Se dará un aviso, con 12 horas de anticipación al menos, del comienzo de un Intervalo Mundial Especial y se harán observaciones intensivas hasta que se dé por terminado el período.

El Año Geofísico Internacional constituye el programa de cooperación científica internacional más importante de los organizados hasta la fecha.

Aceleradores de partículas de alta energía

SIR JOHN COCKCROFT y T. G. PICKAVANCE

Las numerosas partículas recientemente descubiertas en las radiaciones cósmicas pueden también obtenerse mediante el bombardeo de los núcleos atómicos con haces de protones y electrones de alta energía. Tales haces son producto de los aceleradores descritos en el presente artículo. El estudio de semejantes partículas arrojará sin duda luz sobre las fuerzas de enlace que mantienen unido el núcleo y conducirá a un más adecuado conocimiento de la estructura de la materia.

Hace sólo cuarenta años que Rutherford y sus colaboradores establecieron el modelo nuclear del átomo partiendo del estudio de la dispersión de las partículas α, procedentes de fuentes radiactivas naturales, por el campo de Coulomb de los núcleos atómicos. Desde entonces, la aceleración eléctrica de las partículas cargadas en aparatos de gran tamaño ha contribuído mucho al rápido desarrollo de la física nuclear. Hacia 1930, los primeros aceleradores — el generador de alta tensión de Cockcroft y Walton y el ciclotrón de Lawrence — aceleraban los protones por medio de tensiones de algunos centenares de kV. El mayor acelerador actual, el Bevatrón de Berkeley, California, produce protones de una energía de 6 GeV ($6 \cdot 10^9$ electrón voltios), existiendo el proyecto de construir dos aparatos para producir protones de 20–30 GeV. Uno de estos aparatos debe construirse por la Organización Europea para la Investigación Nuclear, en Ginebra; el otro será construído en el Laboratorio Nacional de Brookhaven en los Estados Unidos.

La tarea principal, tanto para los aparatos existentes como para los futuros, debe ser tratar de dar una descripción exacta de las fuerzas nucleares. Los enfoques clásicos son el estudio, sobre una amplia gama de energías de bombardeo, de la dispersión de protones mediante protones y de neutrones mediante protones, y, en los mayores aparatos modernos, el estudio de la producción de mesones π y su interacción con otras partículas. Los mesones π, que se observan en formas positivas, negativas y sin carga, tienen una masa aproximadamente 280 veces mayor que la de los electrones y son inestables; su vida media es del orden de 10^{-8}s (formas positiva y negativa) y de 10^{-15}s (forma sin carga). Se cree que representan un papel muy importante en las fuerzas que mantienen los neutrones y los protones juntos en el núcleo. Aunque las variedades de mesones π con carga fueron descubiertas en los estudios sobre los rayos cósmicos por C. F. Powell y sus colaboradores en Bristol, son producidos muy débilmente por los rayos cósmicos. Pueden obtenerse con relativa abundancia cuando los núcleos se bombardean mediante intensos haces de partículas con una energía cinética de varios centenares de MeV. Con energías todavía mayores se producen artificialmente otras partículas inestables de mayor masa, incluso las partículas V descubiertas en los rayos cósmicos por la escuela de P. M. S. Blackett en Manchester; empleando el Cosmotrón de 2,8 GeV, en el Laboratorio Nacional Brookhaven, se han observado muchos ejemplos de las mismas. El significado de estas raras partículas, que han sido descubiertas en una considerable variedad en los rayos cósmicos, es todavía obscuro. Parece razonable esperar que a medida que aumenta la energía de bombardeo disponible, más extensos y de mayor variedad serán los resultados obtenidos.

Caracteristicas Generales de los Aceleradores de Alta Energia

Todos los aceleradores de partículas de alta energía emplean una aceleración escalonada con campos eléctricos de alta frecuencia, a excepción del betatrón; este último ha sido empleado para acelerar electrones hasta unos 300 MeV mediante el campo eléctrico asociado con un campo magnético variable. El problema central que domina el diseño de grandes aparatos es el de la estabilidad de las partículas; este problema tiene dos aspectos. Primero las partículas encuentran repetidamente campos eléctricos aplicados a través de espacios por una fuente de alta frecuencia y es necesario asegurar que una proporción útil de partículas continúe llegando a dichos espacios en momentos del ciclo de alta frecuencia en que puede tener lugar una aceleración adicional. Segundo, es esencial adoptar ciertos medios de enfocar las partículas en un haz, de manera que un número útil pase a través de los

espacios en vez de chocar contra las partes sólidas del sistema de aceleración. La fase del movimiento de las partículas con respecto al campo de alta frecuencia está influída por las propiedades del sistema de inyección de las partículas, por los inevitables errores de construcción y otros similares, y por los errores de la amplitud y frecuencia del campo de alta frecuencia. Se producen cambios no deseados en la dirección de movimiento de las partículas debido a las condiciones de inyección, errores de construcción y dispersión por el gas residual en la cámara de vacío. La importancia relativa de estos diferentes factores varía con el tipo de acelerador, pero en todos los aparatos de grandes dimensiones, en donde tienen lugar muchas aceleraciones individuales y la trayectoria total de las partículas es larga, es necesario un «enfoque» positivo tanto para la fase de velocidad como para la dirección de una proporción de las partículas inyectadas lo suficientemente grande para ser útil.

Tales aparatos se dividen en dos grupos principales: los aceleradores lineales y los aceleradores de órbita cerrada. En los aceleradores lineales, se emplean muchos espacios y muchas fuentes de alta frecuencia (o, en máquinas pequeñas, una fuente única de alta potencia) para acelerar las partículas en línea recta. En los aceleradores de órbita cerrada, se emplea un campo magnético de guía de forma que el mismo espacio o serie de espacios pueda ser empleado repetidamente, con pocas fuentes de alta frecuencia de potencia relativamente baja. Para los protones u otras partículas pesadas, tienen superioridad los aparatos de órbita cerrada (el sincrociclotrón y el sincrotrón de protones), debido a que la dificultad de obtener un gran número de sistemas estables de alta frecuencia es mayor que la de la producción de un gran imán, y a que el costo total por unidad de energía de las partículas en un aparato de órbita cerrada es menor que en un aparato lineal para una gama de varios GeV. Los electrones, sin embargo, adquieren la velocidad de la luz a bajas energías, y por lo tanto cualquier aparato electrónico grande tiene que funcionar con partículas que poseen una velocidad constante en casi todo el proceso de aceleración. Así, se encuentran diferentes problemas al manipular los dos tipos de partículas y hay que adoptar técnicas que difieren en sus detalles. Para los electrones es posible que el acelerador lineal sea la máquina del futuro, incluso para las mayores energías; para energías inferiores, desde unos 5 MeV hasta algunos centenares de MeV, es evidente su superioridad sobre tipos existentes de aparatos de órbita cerrada.

La razón para ello es que existen dificultades inherentes a los aceleradores lineales que son importantes solamente cuando deben acelerarse protones, y que hay una dificultad en el aparato de órbita cerrada que es importante solamente cuando deben acelerarse electrones. La región de aceleración de fase estable en un acelerador lineal es aquélla en que tiene lugar un intenso desenfoque direccional. Para velocidades relativistas extremas, que tienen lugar a energías electrónicas bastante bajas, el movimiento ocasionado por las fuerzas eléctricas de desenfoque desaparece virtualmente, pudiendo fácilmente evitarse las dificultades después de los primeros MeV de aceleración en un aparato lineal. Además, los aceleradores lineales de electrones pueden operarse con longitudes cortas de onda, generalmente unos 10 cm, y el acelerador mismo consiste de una guía de onda de reducido diámetro. Las fuentes de energía de micro-ondas muy compactas, cada una dando varios MW en pulsaciones cortas, se han podido obtener gracias al desarrollo de las válvulas «klystrón» en la Universidad de Stanford. Por otra parte, las partículas lentas, como por ejemplo los protones de muy pocos centenares de MeV o menos, pueden acelerarse eficazmente sólo mediante el empleo de longitudes de onda más largas, del orden de 1 m; con los sistemas convencionales hay que adoptar una guía de onda grande y relativamente costosa. Todavía no se han desarrollado fuentes compactas, eficaces y de alta potencia para tales longitudes de onda, lo que, junto con el hecho de la dificultad de enfoque y el gran éxito de los aparatos de órbita cerrada, explica la razón de que el acelerador lineal de protones sólo haya experimentado hasta ahora un desarrollo reducido.

La dificultad con los aparatos de órbita cerrada, sincrotrones electrónicos, es que la energía es irradiada por los electrones circulantes y esta pérdida de energía debe compensarse con el sistema acelerador. El efecto es muy pequeño con los protones más pesados, incluso en los mayores aparatos en proyecto, pero es importante con los electrones a energías de unos pocos GeV. En el acelerador lineal las pérdidas por radiación son despreciables, incluso con electrones.

Factores Economicos

Los aceleradores de gran tamaño son excesivamente costosos, y las consideraciones económicas son muy importantes al determinar los tipos de

aceleradores que pueden emplearse para las energías más elevadas. Por ejemplo, el Cosmotrón de Brookhaven, que produce protones de 2,8 GeV (y que ha de aumentarse hasta 3 GeV), costó unos $7 000 000, y el aparato para 20–30 GeV actualmente en proyecto en Brookhaven se cree que costará unos $20 000 000. El imán y el generador representan el 25% del costo del Cosmotrón. La energía de la partícula en un aparato de órbita cerrada queda determinada por el producto del radio de la órbita y la intensidad del campo magnético, pero ésta queda restringida, debido al efecto de saturación en el hierro, a unos 20 000 gauss o menos aún. Por lo tanto la energía de las partículas puede incrementarse solamente aumentando el radio de la órbita.

El sincrociclotrón ha demostrado ser uno de los aceleradores más potentes y seguros, pero su empleo para las energías mayores queda impedido, ya que el precio del imán crece muy rápidamente en razón de la energía requerida. El imán de un sincrociclotrón de 600 MeV que ha de construirse en Ginebra contendrá 2500 toneladas de acero; el radio de su órbita final será de unos 225 cm. En cambio, el sincrotrón de protones acelera las partículas en un campo magnético que crece con el tiempo de forma tal que el radio de la órbita permanece constante. El imán de tal aparato debe producir por lo tanto un campo intenso en un volumen anular solamente, con el consiguiente ahorro de acero para una órbita de radio determinado. El Cosmotrón de Brookhaven es un aparato de este tipo; su imán contiene unas 2000 toneladas de acero para un radio orbital de 9 m. Sin embargo, el sincrotrón de protones crea muchos problemas relativos al mantenimiento de la estabilidad de las partículas, que no existen en el sincrociclotrón, y, además, con las técnicas actuales produce un haz de intensidad mucho menor. No obstante, para energías muy por encima de 1 GeV sería prohibitivo el costo de un sincrociclotrón, resultando indispensable el sincrotrón.

Algunas Características de Determinados Tipos de Aceleradores

ACELERADORES LINEALES

Nos referiremos solamente a aceleradores de alta energía, y dentro de esta categoría solamente se ha construído un acelerador electrónico lineal. Está instalado en la Universidad de Stanford y consiste en una guía de onda seccional, con una longitud total de 60 m, operando a una longitud de onda de 10 cm. La potencia es suministrada mediante 21 klystrones especiales desarrollados en Stanford, cada uno con más de 10 MW de potencia en pulsaciones de 1 μs de duración. Se ha producido así una energía de unos 600 MeV, y se espera aumentarla en el futuro. Han sido ya obtenidos con este aparato importantes resultados sobre la dispersión de electrones de alta energía por núcleos atómicos.

El mayor acelerador lineal de protones actualmente en uso es un aparato de 32 MeV construído hace unos años en la Universidad de California, aunque un aparato de 60 MeV está casi construído en la Universidad de Minnesota. En el Establecimiento de Investigación de Energía Atómica de Harwell y en la Metropolitan-Vickers Electrical Company Limited, se están desarrollando los planes para la construcción de un aparato mucho mayor, para protones de 600 MeV. La ausencia de problemas para la extracción del haz representa que, comparado con un sincrociclotrón que acelere la misma corriente de protones, se pueden obtener haces de partículas mucho más intensos para los experimentos. Esto, junto con la posibilidad de una extensión subsiguiente para energías mayores hace que el acelerador lineal de protones de alta energía sea un aparato muy prometedor, especialmente para investigaciones físicas sobre el mesón π, siempre que pueda construirse a un precio razonable. Sin embargo, los recientes progresos en el haz extraído del sincrociclotrón mencionados más adelante han reducido sus ventajas. Un acelerador lineal de protones de 600 MeV tendría una longitud de unos 300 m y requeriría una potencia de 100–150 MW de alta frecuencia durante las pulsaciones. En el proyecto de Harwell, la mayor parte de esta potencia debería ser proporcionada a 400 Mc/s. La duración de la pulsación sería de 200 μs y las pulsaciones tendrían lugar 50 veces por segundo, de forma que la potencia media de alta frecuencia requerida sería de 1–1,5 MW.

EL SINCROCICLOTRON

En éste, las partículas se mueven en órbitas cerradas concéntricas dentro de un campo magnético estable y se aceleran mediante un campo eléctrico de alta frecuencia. Empiezan con una velocidad muy reducida y, por lo tanto, con un radio de órbita muy pequeño, que va aumentando a medida que crece la aceleración. El período orbital aumenta ligeramente al aumentar la energía. Parte de este aumento se explica por el hecho de que el campo magnético se reduce ligeramente a medida que aumenta el radio, a fin de proporcionar las fuerzas de enfoque necesarias,

y el resto por el aumento relativista de masa de las partículas al crecer la velocidad. La frecuencia del campo acelerador se reduce poco a poco durante la aceleración, hasta un punto que compense el período orbital creciente, de forma que algunas de las partículas permanezcan en fase con el campo acelerador. Puede demostrarse fácilmente que, dentro de un amplio campo de condiciones de operación, puede obtenerse de esta manera una estabilidad de fase para una fracción apreciable de las partículas inyectadas. Además, las fuerzas de enfoque producidas por el ligero decrecimiento radial del campo magnético de guía son lo suficientemente fuertes para asegurar que se pierdan muy pocas partículas después que han sido «atrapadas» en las órbitas de fase estable.

Este aparato ha sido aplicado solamente a partículas pesadas, por ejemplo protones, y no a los electrones, ya que éstos adquieren casi la velocidad de la luz a energías relativamente reducidas, y por lo tanto debería emplearse para su manejo una gama muy ancha de modulación de frecuencia.

En los Estados Unidos hay seis grandes sincrociclotrones, cuyas energías varían desde 140 hasta 450 MeV; uno en el Canadá (110 MeV); uno en Suecia (190 MeV) y dos en la Gran Bretaña. El nuevo sincrociclotrón de Liverpool (Fig. 3) produce protones de 400 MeV y el aparato de Harwell, en operación desde 1949, produce protones de 175 MeV (Fig. 4). El aparato de Berkeley, California, que fué el primero en operación (1946) verá pronto su energía aumentada desde 340 hasta 730 MeV.

Un notable progreso en la técnica del sincrociclotrón se ha efectuado en el laboratorio de H. W. B. Skinner, en Liverpool. Un nuevo método de extracción del haz, inicialmente sugerido en Chicago hace cierto tiempo, pero desarrollado teórica y prácticamente por K. J. Le Couteur, A. V. Crewe y otros en Liverpool, ha sido aplicado al nuevo sincrociclotrón de 400 MeV. Se ha extraído ya el 3% del haz interno de corriente, lo que representa un progreso al menos de 1000 veces sobre métodos previos, y significará un notable aumento de la utilidad de los sincrociclotrones en la investigación de las altas energías.

EL SINCROTRON DE ELECTRONES

En este caso el campo magnético de guía crece con el tiempo, durante la aceleración mediante el campo de alta frecuencia, de tal manera que el radio de la órbita permanece constante. Si los electrones se introducen con una energía de unos pocos MeV o se aceleran operando el acelerador como betatrón en las fases iniciales, su velocidad permanecerá después esencialmente constante, y la frecuencia del campo de alta frecuencia puede asimismo permanecer constante. El campo magnético debe aplicarse solamente sobre un volumen anular, pero el yugo del imán debe ser laminado a fin de evitar los efectos de las corrientes de Foucault al variar el campo.

En los experimentos con el sincrotrón de electrones es usual emplear el *Bremsstrahlung*, el espectro continuo de radiación electromagnética producido cuando los electrones son absorbidos por un blanco interno. Esta radiación electromagnética de alta energía proporciona un instrumento de experimentación muy útil. Aunque se ha conseguido cierto éxito en la extracción del haz de electrones, las dificultades técnicas son considerables.

Existen varios sincrotrones de electrones en los Estados Unidos, produciendo unos 300–350 MeV, y un aparato de 350 MeV ha sido completado recientemente en Glasgow (Fig. 5). Un aparato de este tipo en el Instituto de Tecnología de California produce electrones de casi 1 GeV, habiéndose sugerido la construcción de un nuevo aparato de 5–6 GeV conjuntamente entre el Instituto de Tecnología de Massachusetts y la Universidad de Harvard.

EL SINCROTRON DE PROTONES

Este tipo de aparato es de interés especial, ya que con las técnicas modernas proporciona las más elevadas energías de partículas producidas artificialmente. Como en el sincrotrón para electrones, el imán es laminado, con un espacio anular y produce un campo creciente con el tiempo durante la aceleración. Sin embargo, la velocidad del protón aumenta apreciablemente con la energía, hasta acercarse a la velocidad de la luz a energías de varios GeV. Por lo tanto es necesario aumentar la frecuencia del campo de alta frecuencia durante la aceleración, a fin de mantener constante el radio de la órbita, y la correlación entre la variación de frecuencia con la del campo magnético debe llevarse a cabo muy exactamente. Esto introduce una considerable complicación que no existe en otros aparatos. Además no es económicamente posible cambiar muy rápidamente el ciclo de un campo magnético en un imán grande, y las partículas se aceleran en espasmos que tienen lugar varias veces por minuto. En contraste con esto, la variación de frecuencia en el sincrociclotrón puede realizarse muy rápidamente, siendo

una práctica corriente usar unos 100 impulsos por segundo. Como resultado de estos diferentes factores la intensidad media del haz de partículas en un sincrotrón de protones es, según las técnicas modernas, a lo más una milésima solamente de la de un sincrociclotrón.

M. L. E. Oliphant fué el primero de sugerir el aparato conocido más tarde como el sincrotrón de protones. El aparato de Birmingham (Fig. 6) ha funcionado durante cierto tiempo con una energía de 1 GeV. La Fig. 7 muestra la fotografía del Cosmotrón de 2,8–3,0 GeV en Brookhaven. Los protones se aceleran primeramente hasta unos 4 MeV en un generador electrostático y entonces se introducen en el espacio de un gran imán en donde se aceleran más todavía durante unas $3 \cdot 10^6$ revoluciones durante un segundo aproximadamente. La distancia recorrida durante este proceso es de unos $1{,}6 \cdot 10^5$ km. El imán se excita según pulsaciones mediante un alternador de 21 MVA con un volante de 45 toneladas en su eje. De esta forma el volante proporciona una fracción de su energía cinética al sistema eléctrico durante la pulsación, volviendo a acelerarse después, a punto para la pulsación siguiente, mediante un motor de 1200 kW. Un 75% de la energía acumulada en el imán (unos 10^7 joules) se devuelve al volante mediante la ayuda de interruptores en el circuito del alternador, durante los intervalos entre pulsaciones. El mismo sistema, con variaciones de detalle, se emplea en todos los sincrotrones de protones existentes. El Bevatrón de 6 GeV en Berkeley, California, es todavía mayor (Fig. 8). El imán pesa 10 000 toneladas y el radio de la órbita es de unos 18 m; en este caso las partículas se introducen con un acelerador lineal de protones de 10 MeV. Un nuevo aparato para 15 GeV, empleando un imán con núcleo de aire, se encuentra en construcción en Australia bajo la dirección de Oliphant.

Las fuerzas de enfoque, que son necesarias para encauzar a sus propias órbitas las partículas dispersas, están relacionadas con oscilaciones estables de las partículas respecto a las órbitas correctas. Como hemos visto, es una consideración económica importante en el sincrotrón de protones emplear un espacio magnético tan reducido como sea posible, pero el lugar requerido por tales oscilaciones y por las perturbaciones debidas a errores inevitables de construcción y sincronización, establecen un límite. Si pudiera incrementarse la frecuencia de las oscilaciones, es evidente que la amplitud resultante de un determinado desplazamiento angular de una partícula quedaría reducido correspondientemente. Con el método de enfoque normal (gradiente constante) en un acelerador de órbita cerrada, la estabilidad de la partícula requiere que $1 > n > 0$, en donde n es un parámetro que describe la distribución del campo magnético y que queda definido por

$$n = -(r/B)\,\partial B/\partial r,$$

en donde B es la intensidad del campo magnético y r es el radio de la órbita. Para los sincrotrones, el valor de n es generalmente 0,6.

Las frecuencias de las oscilaciones relacionadas con las fuerzas de enfoque (las «oscilaciones del betatrón») son:

$$f_r = (1 - n)^{\frac{1}{2}} f_0 \quad \text{(radial)}$$
$$f_v = n^{\frac{1}{2}} f_0 \quad \text{(axial)}$$

en donde f_0 es la frecuencia orbital. Evidentemente existe un margen reducido para la variación de las frecuencias, y el aumento de una de ellas involucra la disminución de la otra.

En 1952, M. S. Livingston, E. D. Courant y H. S. Snyder, en Brookhaven, e independientemente Christophilos en Grecia demostraron que puede obtenerse un efecto de enfoque definido en un sistema adecuadamente dispuesto que alternativamente se enfoca y desenfoca a lo largo de la trayectoria de las partículas en movimiento. Con $n >> 1$ numéricamente, pero n siendo alternativamente positivo (desenfoque radial, enfoque axial) y negativo (enfoque radial, desenfoque axial) se puede diseñar un sincrotrón con fuerzas de enfoque mucho más intensas para un desplazamiento en ambas direcciones, esto es, con frecuencias más elevadas de oscilaciones estables que las del sincrotrón corriente.

Las frecuencias de las oscilaciones del betatrón son actualmente mayores que la frecuencia orbital y, como indicó primeramente J. D. Lawson en Harwell, el movimiento de una partícula en un sincrotrón de gradiente alternativo es muy sensible a pequeñas faltas de alineación de las secciones individuales de enfoque y desenfoque del imán de guía. Especialmente, tienen lugar desastrosos efectos de resonancia si el número de ciclos del betatrón por revolución orbital es un integral o medio integral, resultando de ello una pérdida de partículas sobre las paredes de la cámara de vacío. Los valores de n, o sea de la intensidad de enfoque, han sido por lo tanto reducidos a menos de los 5000–10 000 en un principio considerados, a fin de dejar, por así decirlo, mayor espacio de operación entre las resonancias. Incluso en valores de unos pocos centenares actualmente previstos para

n en los aparatos de 20–30 GeV, es todavía posible una considerable reducción de la apertura del imán con la correspondiente reducción del capital necesario.

El radio de órbita de estos aparatos será de unos 100 m, y las partículas deberán moverse a través de una apertura de 7 × 12 cm durante varios millares de órbitas. Es preciso obtener unas tolerancias mecánicas, magnéticas y de sincronización muy reducidas, pero el peso total de acero del imán puede restringirse a unas 4000 toneladas para una energía de 25 GeV, lo cual es solamente el doble del peso del acero en el Cosmotrón que tiene una cámara de vacío con una apertura de 91 × 23 cm.

El mismo método de enfoque de gradiente alternativo, pero con un campo nulo a lo largo de un eje, permite confiar en la posibilidad de conseguir enfocar el haz de un acelerador lineal de protones sin una seria pérdida de partículas.

Algunos Experimentos Tipicos con Aceleradores de Alta Potencia

POLARIZACION DEL PROTON

Durante mucho tiempo se había creído que debía ocurrir una polarización en la dispersión de nucleones por otros nucleones simples, como resultado de componentes excéntricas de las fuerzas entre nucleones, y se intentaba hallar una prueba experimental de ello. La polarización puede observarse en un experimento de «doble dispersión», en el cual partículas dispersadas en una dirección particular respecto al haz primario, pasan a través de un dispositivo de dispersión secundario. Si se producen los efectos de polarización, el haz emergente de este segundo dispositivo según un ángulo fijo respecto al haz primeramente disperso, poseerá una intensidad diferente al dispersarse hacia la izquierda que hacia la derecha. En un experimento de polarización sobre la dispersión de protones por protones, las partículas de bombardeo serían protones, y en condiciones ideales ambos dispersadores deberían consistir de hidrógeno. El empleo del hidrógeno es inconveniente, y en las investigaciones llevadas a cabo en Rochester se adoptó el uso de hidrocarburos; un experimento posterior con carbono puro permitió distinguir el efecto debido al hidrógeno. Se descubrió una polarización en la dispersión de protones con protones, pero se observó una polarización mucho más intensa en el carbono puro. Todos los elementos probados muestran efectos semejantes. Se ha encontrado que este fenómeno se halla relacionado con el núcleo como un todo y no con los nucleones individuales; la polarización más intensa parece ocurrir en los choques elásticos, esto es, aquéllos en donde no tiene lugar una excitación o desintegración nuclear.

Se ha desarrollado una gran actividad en este campo durante el último año, obteniéndose resultados en Rochester, Chicago y Berkeley en los Estados Unidos y en Harwell en la Gran Bretaña. La Fig. 1 muestra un diagrama de la disposición experimental adoptada en Harwell. Los protones con una energía máxima de 160 MeV se hacen incidir sobre un blanco T_1 en la cámara de vacío del sincrociclotrón; aquéllos que se dispersan según un ángulo de unos 20° y poseen una energía de unos 135 MeV escapan del imán a través de un canal C. Estas partículas primeramente dispersadas pasan en un tubo al vacío a través de un muro-coraza de hormigón S y se coliman a través de ranuras. Una segunda dispersión tiene lugar en el blanco T_2, y las partículas así dispersadas se detectan en un sistema contador D, dispuesto como un «telescopio» y emplazado según un ángulo θ respecto al haz primeramente dispersado. El haz primario y los haces de la primera y segunda dispersión se disponen en un mismo plano. Los detectores D pueden girar según un ángulo de 180° teniendo el primer haz disperso como eje, hasta la posición indicada por la línea de trazos en la Fig. 1. Si la polarización tiene lugar, el número de partículas contadas en estas dos posiciones será distinto para un bombardeo igual en ambos casos. Se llevan a cabo minuciosas comprobaciones a fin de cerciorarse de que cualquier efecto observado no es atribuíble a errores de alineación del aparato. La magnitud que se determina es la «asimetría», definida como

$$\varepsilon = \frac{\mathcal{N}_1 - \mathcal{N}_2}{\mathcal{N}_1 + \mathcal{N}_2}$$

en donde $\mathcal{N}_1$ es el número de partículas dispersadas en la misma dirección que en la primera dispersión (igual ángulo azimutal) y $\mathcal{N}_2$ es el número de partículas dispersadas en la dirección opuesta (ángulo azimutal diferente en 180°).

La polarización según un ángulo particular puede calcularse fácilmente partiendo de la asimetría observada, con tal de que se sepa que el mismo proceso se produce en cada dispersión y que ambos ángulos de dispersión son iguales. Gran parte del programa experimental sobre este fenómeno debe dedicarse a intentar separar los distintos procesos de dispersión que tienen lugar cuando protones de elevada energía chocan con el blanco. Sin embargo, si se obtiene un valor finito

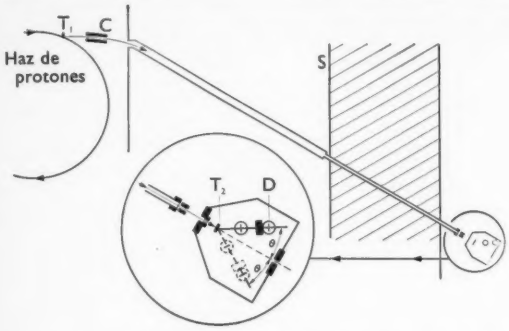


FIGURA 1 – *Plano de un experimento sobre la polarización de los protones de alta energía mediante el empleo del sincrociclotrón de Harwell.*

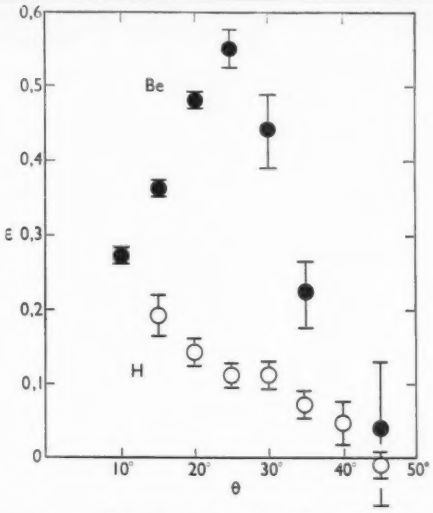


FIGURA 2 – *Variación de la asimetría ε observada con el ángulo θ de segunda dispersión en los experimentos de Harwell sobre la polarización de los protones de alta energía.*

de ε, entonces es evidente que la polarización tiene lugar, y la Fig. 2 muestra los valores observados de ε como una función del segundo ángulo de dispersión en los experimentos de Harwell.

OBSERVACION DE PARTICULAS INDIVIDUALES

Es siempre necesario emplear métodos de detección que muestren las trayectorias de las partículas para un examen visual, además de las técnicas de contado. Estos métodos son muy complejos cuando se requieren estadísticas comparables con las obtenibles con los contadores, pero son indispensables en la interpretación inicial de muchos fenómenos, especialmente cuando intervienen «nuevas» partículas. Las trayectorias pueden ser visibles en cámaras de Wilson o instrumentos similares y con emulsiones fotográficas especiales.

Dos desarrollos recientes en la técnica de la cámara de Wilson han aumentado considerablemente su eficacia para su uso con aceleradores. La cámara original de Wilson produce una supersaturación de una mezcla de gas y vapor mediante una expansión adiabática controlada, y la trayectoria de las partículas ionizantes queda indicada por la formación de gotículas en los iones. Las trayectorias se fotografían, generalmente con una cámara estereoscópica de manera que las trayectorias de las partículas puedan reproducirse tridimensionalmente. Las mediciones del momento pueden realizarse mediante la aplicación de un campo magnético durante el paso de las partículas a través de la cámara, pudiendo observarse las trayectorias resultantes de las colisiones nucleares en el gas o vapor o en las placas de material sólido introducidas en la cámara. Aunque esta técnica ha sido considerablemente desarrollada, en particular en las investigaciones sobre los rayos cósmicos, no es muy económica en el aspecto tiempo de funcionamiento de los grandes aceleradores, porque el tiempo requerido entre expansiones es mayor que el intervalo normal entre las pulsaciones del acelerador. En la cámara de difusión primeramente sugerida por A. Langsdorf y desarrollada en años recientes, principalmente en Brookhaven, un gas puede hallarse continuamente supersaturado con vapor mediante un gradiente térmico en las paredes del recipiente. Esta técnica se ha aplicado con buen éxito al hidrógeno a unas 20 atmósferas de presión en recipientes de varios metros de ancho; una cámara de este tipo es capaz de recibir pulsaciones de haces a razón de unos 10 por minuto, procedentes de un aparato tal como el Cosmotrón. El hidrógeno es, naturalmente, una sustancia de particular importancia en los estudios de procesos nucleónicos elementales y es siempre interesante que, al estudiar fenómenos raros, se pueda observar una partícula atravesando una gran masa de materia; de manera que la elevada presión y gran dimensión de la cámara son aspectos muy importantes de la misma. La Fig. 9 es una fotografía de las trayectorias producidas en una cámara de difusión por protones de 150 MeV procedentes del sincrociclotrón de Harwell.

El segundo desarrollo en estos estudios es muy reciente. Los físicos en Brookhaven, Chicago y en Berkeley han desarrollado la técnica de la «cámara de burbuja», en la cual se forman burbujas de

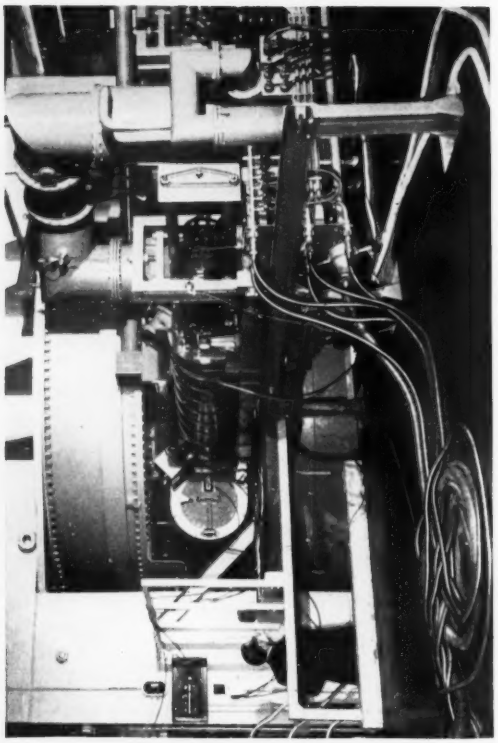


FIGURA 4 – *El sincrociclotrón de 2,80 m de Harwell.*

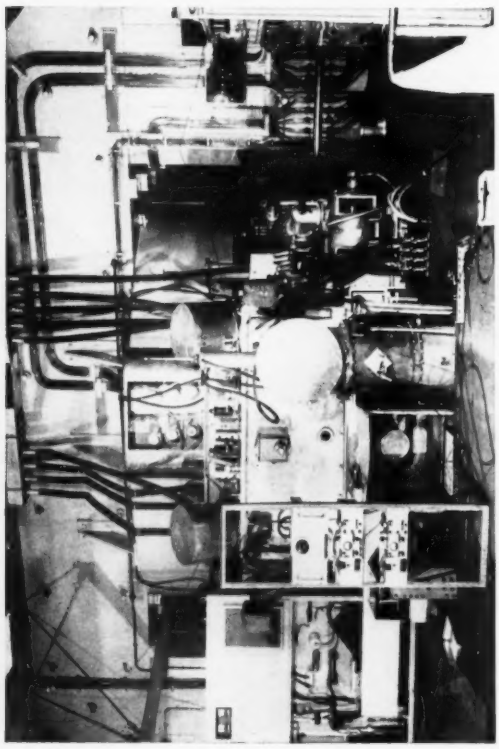


FIGURA 3 – *El sincrociclotrón de 3,95 m de Liverpool.*

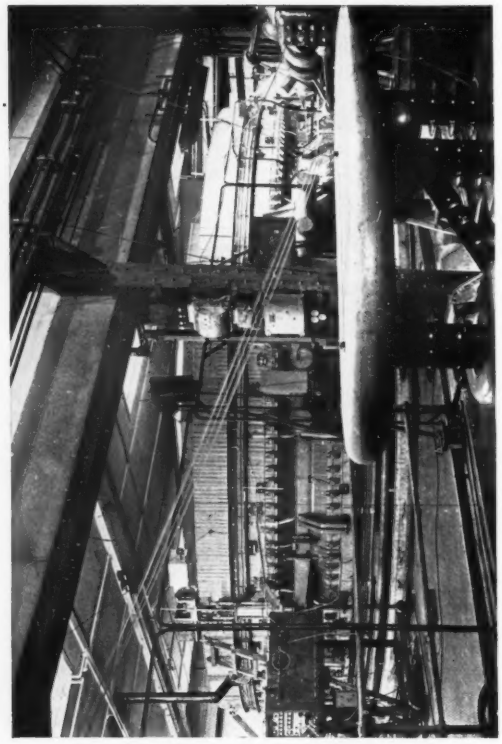


FIGURA 6 – *El sincrotrón de protones de Birmingham.*

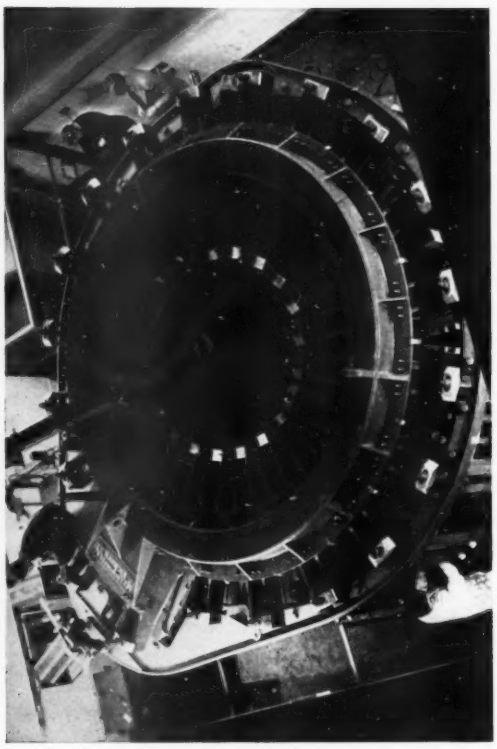


FIGURA 5 – *El sincrotrón de electrones de Glasgow.*

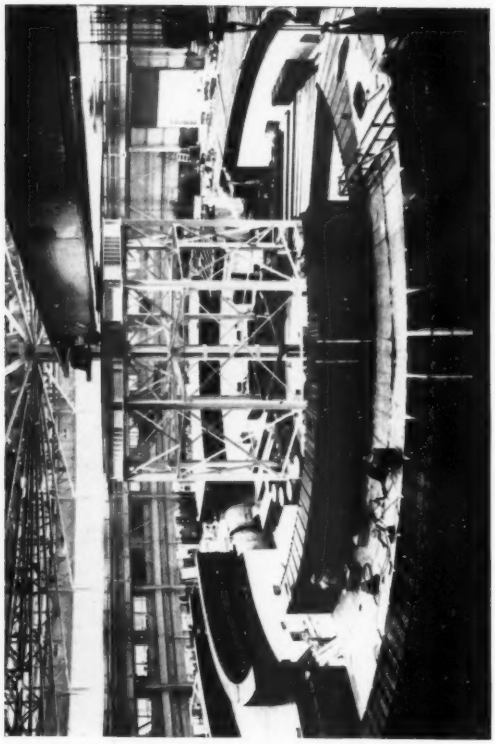


FIGURA 8 – *El sincrotrón de protones (Bevatrón) de Berkeley.*

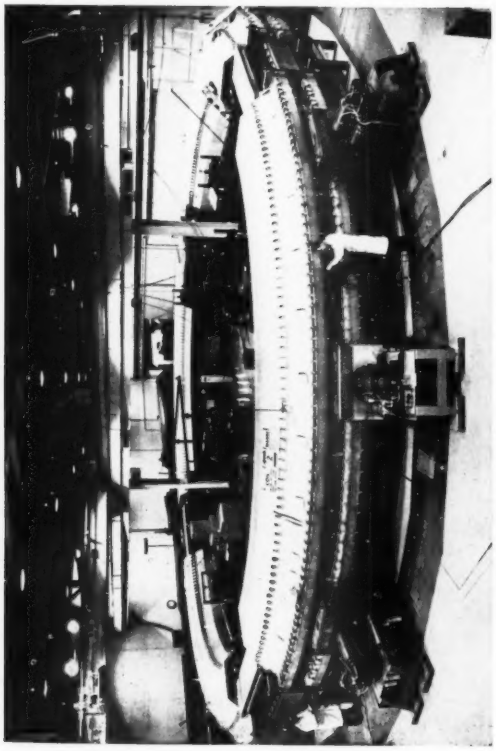


FIGURA 7 – *El sincrotrón de protones (Cosmotrón) de Brookhaven.*

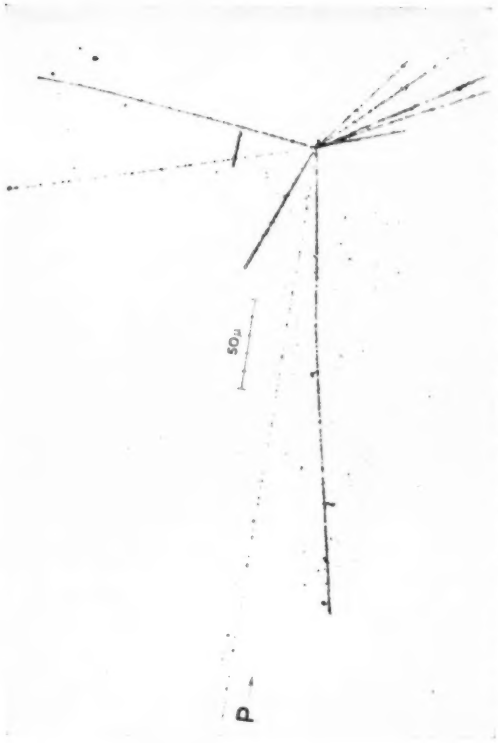


FIGURA 10 – *Desintegración nuclear producida por un protón de 1 GeV; trayectorias producidas en una emulsión nuclear expuesta al haz del sincrotrón de protones de Birmingham.*

FIGURA 9 – *Trayectorias dentro de una cámara de difusión irradiada con protones de 150 MeV procedentes del sincrociclotrón de Harwell.*

vapor a lo largo de la trayectoria de una partícula ionizante en un líquido supercalentado. La condición de supercalentamiento se obtiene llevando a cabo una reducción de presión cuidadosamente controlada y sincronizada. Se ha logrado un gran éxito con pentano líquido, y un cierto éxito con hidrógeno líquido. Hasta ahora las mayores cámaras tienen sólo algunos centímetros de ancho, pero la gran densidad del líquido es una ventaja en los trabajos con partículas de alta energía.

La técnica de la emulsión nuclear posee la ventaja de emplear un medio de muy elevada densidad, pero la mayor parte del material consiste en plata y bromo, junto con carbono, hidrógeno y oxígeno, de manera que este método no es tan flexible. El desarrollo moderno de esta técnica fué iniciado por el grupo de Powell en Bristol, tanto para la aplicación a la investigación de los rayos cósmicos como para los trabajos con aceleradores.

La Fig. 10 muestra una «estrella» observada en una emulsión nuclear expuesta al haz del sincrotrón de protones de Birmingham. Un núcleo del material de la emulsión ha sido vivamente excitado por el impacto de la partícula primaria enérgica (un protón de 1 GeV), y la energía de excitación fué suficiente para causar la explosión del núcleo en varios fragmentos que se desplazaron con velocidad considerable. Los nueve fragmentos cargados dejaron una trayectoria visible al microscopio después de revelar la emulsión. Las partículas no cargadas no dejan ningún trazo, pero no hay duda que deben de haberse producido algunas.

El grupo de investigadores de Brookhaven ha podido demostrar la producción artificial de algunas de las nuevas partículas identificadas en los rayos cósmicos, empleando tanto la técnica de la cámara de Wilson como la de la emulsión. Han observado muchos casos de partículas Λ^0 y θ^0 en la cámara de difusión, y algunas de sus fotografías muestran los productos de desintegración de cada una de tales partículas, probablemente producidas en el mismo acontecimiento. Las partículas Λ^0 poseen una masa algo mayor que la del protón, no tienen carga y se desintegran en un protón y un mesón π negativo. Las partículas θ^0 poseen una masa aproximadamente 1000 veces mayor que la del electrón, carecen también de carga y se desintegran en un mesón π positivo y uno negativo. Estos acontecimientos dobles fueron observados cuando la cámara de difusión llena de hidrógeno fué expuesta a un haz de mesones π negativos de 1,5 GeV emanando de un blanco bombardeado mediante protones en el Cosmotrón. Se cree que tuvo lugar la reacción siguiente:

$$\begin{array}{ccccc} \pi^- + p \rightarrow & \Lambda^0 & + & \theta^0 \\ & \downarrow & & \downarrow \\ & p + \pi^- & & \pi^+ + \pi^- \end{array}$$

Las cuatro partículas producto de la desintegración pueden identificarse mediante la observación de las fotografías.

Existe una clase considerable de «mesones pesados», descubiertos en las investigaciones de los rayos cósmicos, conocidos colectivamente con el nombre de mesones K. La partícula θ^0 es un miembro sin carga de tal familia, pero se cree que hay diferentes variedades cargadas con masas de unas 1000 veces la del electrón. Se han observado ya diferentes clases de mesones K con carga en los estudios de las emulsiones nucleares expuestas a un haz en el Cosmotrón.

La situación respecto a estas partículas recientemente descubiertas es muy compleja, pero estamos ciertos de que los conocimientos sobre sus propiedades y las condiciones bajo las cuales pueden obtenerse se extenderán rápidamente a medida que progresen los trabajos con los grandes aceleradores. Todas las partículas inestables hasta ahora conocidas han sido descubiertas en los estudios sobre los rayos cósmicos a excepción del mesón π^0 (que por muy poco no fué descubierto por el grupo de Powell), pero los haces más intensos producidos con los aceleradores han demostrado ser esenciales en los estudios sobre la producción y propiedades de los mesones y su interacción con las otras partículas.

REFERENCIAS

[1] Chu, E. L., y Schiff, L. I.: Recent Progress in Accelerators, *Ann. Rev. Nuclear Sci.*, **2**, 79, 1953.

[2] Fremlin, J. H., y Gooden, J. S.: Cyclic Accelerators, *Rep. Progr. Phys.*, **13**, 295, 1950.

[3] Fry, D. W., y Walkinshaw, W.: Linear Accelerators, *ibid.*, **12**, 102, 1948–9.

[4] Livingston, M. S.: High Energy Accelerators, *Ann. Rev. Nuclear Sci.*, **1**, 157, 1952.

[5] *Idem:* «High Energy Accelerators». Interscience Publishers Inc. 1954.

[6] Pickavance, T. G.: «Cyclotrons». Capítulo 1 de «Progress in Nuclear Physics», compilado por O. R. Frisch. Vol. 1. Butterworths Scientific Publications Limited, Londres. 1950.

[7] Artículos por el personal de Brookhaven sobre los diversos aspectos del Cosmotrón. *Rev. Sci. Instrum.*, **24**, 825, 1953.

Determinación de la configuración absoluta de los antípodas ópticos

J. M. BIJVOET

Ni los métodos químicos ni los métodos ordinarios de difracción de rayos X pueden distinguir los antípodas ópticos, esto es: las estructuras que son imágenes la una de la otra. La radiación de rayos X de una frecuencia que excita los electrones K de uno de los elementos del compuesto causa una diferencia anómala de fase en los rayos difractados, la cual permite la determinación de la configuración «absoluta». En este artículo se explica dicho método, ilustrándolo por referencia a un sistema mecánico.

La disposición de los átomos en una molécula orgánica grande puede ser determinada por dos métodos totalmente distintos. El método químico consiste en la determinación de la posición de los átomos mediante la división de la molécula en partes cuya estructura ha quedado ya establecida por procedimientos similares. La determinación por este método de la configuración atómica de cientos de miles de compuestos, desde los más simples hasta los complicados alcaloides y hormonas, es uno de los grandes triunfos de la ciencia. La concepción de Van 't Hoff del átomo de carbono como un tetraedro hizo posible la extensión de las fórmulas estructurales a tres dimensiones.

El segundo método — no destructivo — de determinación de la configuración atómica es el análisis por rayos X. El gas o cristal es expuesto a un haz de rayos X, registrándose la figura de difracción resultante. Cada átomo produce una difracción uniforme de los rayos incidentes, resultando una interferencia de las ondas difractadas por los diferentes átomos de una molécula o de un cristal. En cada dirección de difracción, las ondas originadas en los diversos átomos recorren distancias diferentes y presentan diferencias de fase. Estas diferencias de distancia recorrida determinan la interacción de las diversas ondas y la intensidad resultante en cada dirección. Como estas diferencias dependen a su vez de la magnitud y de la orientación de las distancias interatómicas, es posible calcular la configuración atómica a partir de las diferentes intensidades de la figura de difracción. Es satisfactorio comprobar que estos dos métodos completamente diferentes conducen esencialmente a los mismos resultados. El análisis por rayos X proporciona un modelo estructural a escala, geométricamente exacto, en el que las distancias interatómicas se pueden indicar con una precisión de una centésima de Ångström. A diferencia de los métodos químicos, la difracción de rayos X permite en condiciones favorables, el estudio de un compuesto elegido arbitrariamente sin necesidad de ningún conocimiento previo de sustancias similares. Así, por ejemplo, cuando se encontró que el «Gammexano», uno de los estereoisómeros del hexaclorobenzol, tenía acción insecticida, se concentró la atención en su configuración, que fué determinada directamente por rayos X. La determinación de la estructura por los métodos químicos que también ha sido llevada a cabo recientemente, requería un considerable estudio de los varios estereoisómeros y de algunos hepta- y octo-clorohexametilenos.

Aunque la estructura molecular se puede establecer con todo detalle por cualquiera de ambos métodos, es sorprendente que ni el químico ni el análisis por rayos X den una respuesta al problema que se plantea en este artículo.

Es generalmente conocido que hay compuestos cuyos cristales o moléculas en solución producen un giro del plano de polarización de la luz. Esos compuestos se presentan en dos formas, las cuales se distinguen porque una desvía el plano de polarización a la derecha (rotación positiva) y la otra a la izquierda (rotación negativa). Para distinguir estos antípodas ópticos se antepone al nombre un signo (+) o (−) respectivamente. Ejemplos clásicos son el ácido (+)tartárico y el ácido (−)tartárico; el (+)cuarzo y el (−)cuarzo. Ni los cristales ni las moléculas de estos isómeros son superponibles; el uno es como la imagen en un espejo del otro. Tenemos un ejemplo en la Fig. 1 donde el modelo a la izquierda es designado por D y el otro por L.

Es posible determinar la estructura molecular de todos los compuestos ópticamente activos, pero es sorprendente que no podamos determinar cuál de estos modelos, D o L, corresponde al antípoda

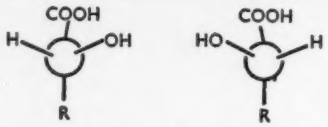


FIGURA 1 – *Los ácidos con la sustitución α llevan convencionalmente el prefijo D si el grupo α-sustituído está a la derecha cuando el grupo —COOH está arriba, y —COOH y —R están dirigidos hacia la parte posterior.*

dextrogiro y cual al levogiro. Antes de considerar cómo puede resolverse este problema parece apropiado estudiar los factores que lo originan.

LA QUIMICA Y LA CONFIGURACION ABSOLUTA

La química determina el comportamiento relativo de los compuestos, es decir, las relaciones entre las diferentes estructuras. Por tanto, no es posible determinar por medios químicos los cambios que tendrían lugar si fuesen invertidas las configuraciones de todos los antípodas ópticos. Es posible, sin embargo, determinar las configuraciones relativas de compuestos ópticamente activos relacionados entre sí. Así, por ejemplo, podemos deducir si el ácido (+) láctico ($CH_3CHOH.COOH$) corresponde a la (+) o (−)alanina (CH_3CHNH_2COOH) en la configuración de sus cuatro grupos alrededor del carbono asimétrico.

Parece ser que la sustitución directa de —OH o —NH_2 al átomo asimétrico puede ir acompañada de una inversión de la configuración (inversión de Walden). La relación genérica no conduce por tanto a una conclusión decisiva en lo que respecta a la configuración relativa. Una manera de determinarla es efectuar en cada uno de los dos compuestos el mismo cambio químico en uno de los sustituyentes enlazados al átomo de carbono asimétrico.

TABLA I

Derivado	(+) *ácido láctico*	(+) *alanina*	(−) *alanina*
Amida del compuesto benzoílico	+ 120°	+ 70°	− 70°
Ester etílico del compuesto benzoílico	+ 49°	+ 12°	− 12°
Ester metílico del compuesto benzoílico	+ 35°	+ 4°	− 4°
Ester etílico del compuesto acetílico	− 76°	− 74°	+ 74°
Ester etílico del compuesto tolueno-sulfonílico	− 129°	− 78°	+ 78°

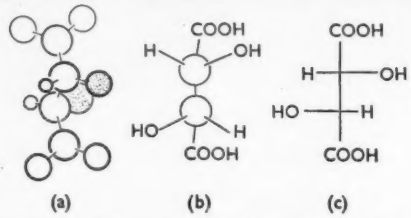


FIGURA 2 – *Configuración absoluta del ácido tartárico natural dextrogiro;* (a) *determinado por rayos X en tartrato de sodio y rubidio;* (b) *configuración normalizada por rotación alrededor de los enlaces sencillos;* (c) *en proyección.*

En configuraciones que se correspondan, puede esperarse que tal sustitución lleve consigo cambios análogos en la rotación. La Tabla I muestra que la (+)alanina tiene la misma configuración que el ácido (+) láctico. Así se establece una relación entre las configuraciones de los aminoácidos y los oxiácidos.[1]

Es sabido que estas configuraciones relativas son de gran importancia en el curso de las reacciones entre compuestos ópticamente activos. Con objeto de expresar fácilmente estas relaciones, Emil Fischer asignó arbitrariamente la configuración de la Fig. 2(*b*) a una sustancia, a saber el ácido tartárico natural dextrogiro. Hay la misma posibilidad en favor o en contra de que la elección represente la configuración real.

Es posible que sólo las configuraciones relativas tengan una importancia vital en Química, y no el que la elección hecha corresponda o no a la realidad. Sin embargo, las ventajas de conocer la configuración absoluta no están limitadas a una mera satisfacción del conocimiento ni a una simplificación didáctica, pues la realidad, en lugar de una convención arbitraria, puede servir para fijar estructuras y dar base a la nomenclatura. Un método directo para determinar la configuración absoluta tiene importancia práctica para establecer o confirmar configuraciones relativas en casos en que los métodos químicos presentan dificultades. Como ejemplo de estas dificultades podemos de nuevo mencionar la falta de certeza de si la sustitución de uno de los grupos en un carbono asimétrico origina o no la inversión de la configuración.

[1] Un método directo para relacionar dos compuestos ópticamente activos de series diferentes es unir sus átomos asimétricos formando una sola molécula. Se ha demostrado, por ejemplo— el análisis de rayos X no deja ninguna duda — que en la hidroxiprolina los grupos —OH y —COOH están en posición *trans*. Esto establece de nuevo la relación entre α-oxi- y α-aminoácidos.

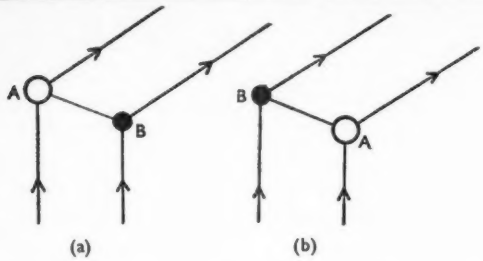


FIGURA 3 – *Difracción por una molécula AB y por su configuración inversa BA respectivamente.*

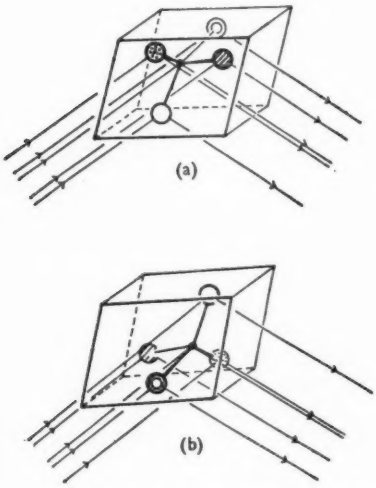


FIGURA 4 – *Difracción por una molécula asimétrica. Ver Fig.* 1.

ROTACION OPTICA Y CONFIGURACION ABSOLUTA

Un método físico lógico para determinar la configuración absoluta es el cálculo teórico de la rotación del plano de polarización de la luz[1].

Partiendo de una de las imágenes se comprueba si esta configuración daría una rotación dextrogira o levogira. Especialmente durante los años 1935–40, algunos investigadores realizaron cálculos de la actividad óptica basados en varias teorías [1, 2]. Sin embargo, por no tener idea suficientemente clara de los detalles de la configuración atómica, no hubo acuerdo en los resultados. Los trabajos realizados durante este período sobre ciertas moléculas, *v.g.*: metil-etil-carbinol, condujeron a resultados que incluso diferían en el signo [3].

En estos últimos años se han realizado interesantes cálculos — incluyendo para dos o más compuestos relacionados entre sí — los cuales pueden considerarse dignos de confianza [4]. Estos cálculos, de acuerdo con los resultados de Kuhn, confirman que la convención arbitraria de Fischer representaba de hecho la verdadera situación. Han sido objeto de estudio tanto los cristales como los líquidos. Parece razonable suponer que una pronunciada estructura cristalina en espiral con torsión hacia la derecha corresponde a una rotación del plano de polarización también hacia la derecha, mirando siempre en la dirección de propagación de la luz [5].

DIFRACCION NORMAL DE RAYOS X Y CONFIGURACION ABSOLUTA

La dificultad esencial en la determinación de la configuración absoluta por rayos X se explica en las figuras 3 a 5. La Fig. 3(*a*) muestra la difracción de un haz de rayos X causada por una molécula AB, y la Fig. 3(*b*) la difracción causada por su configuración invertida BA, en la cual únicamente ha cambiado el sentido de dirección de la línea AB.

En la Fig. 3(*a*) los rayos difractados por el átomo A tienen una trayectoria más corta, mientras que en la Fig. 3(*b*) la tienen más larga. Sin embargo, en lo que se refiere a su valor absoluto, la diferencia de las trayectorias de los rayos difractados por A y B permanece inalterada. Esto causa que no se altere la intensidad resultante. Como lo mismo ocurre con cualquier dirección de difracción, ambas situaciones son imposibles de distinguir por simple análisis por rayos X.

Otro tanto ocurre para la inversión de cualquier estructura. En estereoquímica una estructura se invierte uniendo cada uno de sus puntos P con un centro O elegido arbitrariamente, y continuando las líneas PO hasta P′ tal que PO = OP′. El conjunto de puntos P′ da la imagen invertida. De aquí que al invertir una estructura, la diferencia de fase afectada por la interferencia es también invertida por cada par de átomos; por consiguiente su contribución a la interferencia, y por tanto a la intensidad de difracción, permanece inalterada.

Una cierta distribución de intensidades puede por tanto ser causada por una estructura A o por la estructura inversa A′: el análisis por rayos X no puede distinguir las estructuras inversas. En el

[1] Otro método obvio es constatar si el desarrollo de una cara en un cristal de un antípoda es más consistente con una configuración que con la otra. Sin embargo, tal deducción a partir del crecimiento de los planos del cristal es muy difícil y no ha conducido a resultados concluyentes.

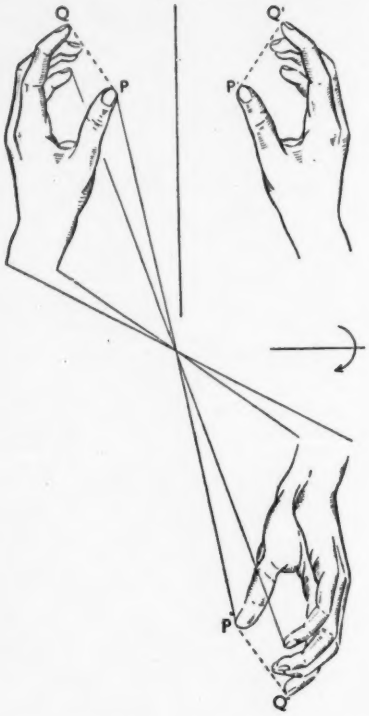


FIGURA 5 – *Una inversión es equivalente a una reflexión seguida de un giro de 180° alrededor de un eje normal al plano de reflexión. De esta manera se forma el antípoda opuesto.*

caso de antípodas ópticos, la estructura inversa, como se ve en la Fig. 5, es el otro antípoda con respecto a una orientación determinada. Por tanto, el análisis por rayos X no puede distinguir los antípodas ópticos.

DIFRACCION ANOMALA

Es curioso notar que una hipótesis introducida aquí fué discutida en los primeros tiempos del análisis por rayos X, encontrándose que no era universalmente válida. La hipótesis es que la diferencia de fase entre las ondas procedentes de dos átomos depende sólo de la diferencia de trayectoria, y que la naturaleza de los átomos no influye sobre la fase [6]. El problema está en si ocurre o no, o puede ocurrir en condiciones especiales, un desplazamiento de fase en el átomo difractante entre la radiación incidente y la emitida, y hasta qué punto este desplazamiento de fase, que es equivalente a una aparente reducción de la trayectoria real, puede afectar las consideraciones arriba expuestas. Sin embargo, aunque parece ser la regla en condiciones «normales» que la naturaleza del átomo no influye sobre la fase, no es siempre cierta.

Son los electrones del átomo los que por la acción de los rayos X vibran e irradian. Mientras que los electrones se consideren débilmente enlazados vibrarán en fase opuesta a los rayos incidentes, debido a que la aceleración estará en fase con la fuerza eléctrica, pero la aceleración y la deflexión de una vibración están en fase opuesta. Sólo en los átomos pesados los electrones fuertemente ligados de la capa interna (electrones K) vibran en fase con la onda incidente, porque aquí la fuerza eléctrica debe, en un momento dado, compensar las fuerzas de enlace.

Esta exacta contraposición dentro del átomo entre la difracción de los electrones K y la de los otros electrones no altera nuestro argumento en ningún aspecto; sólo cambia en cierto grado la magnitud del poder de difracción del átomo.

Ya en 1916 Von Laue [7] escribió: «Sería un interesante tema de experimento, en especial con cristales de marcada absorción, investigar si se puede establecer una excepción en casos en los que la frecuencia de la radiación incidente se halla muy próxima a la frecuencia propia de los átomos.»

La situación puede quedar aclarada con la ayuda de una analogía. Consideremos un péndulo que por acoplamiento impone su vibración a otro (Fig. 6). Si el último tiene una frecuencia propia más pequeña — péndulo B, más largo, «enlace» más débil — comienza vibrando en fase opuesta. Si tiene una frecuencia propia más grande — péndulo C, más corto, «enlace» más fuerte — comienza a vibrar en la misma fase. Existe por tanto, una analogía completa con la vibración de rayos X representada por A, la cual causa una resonancia en un electrón enlazado débil o fuertemente.

Supongamos que la vibración excitante comienza con una frecuencia muy grande que luego disminuye. En el caso del péndulo, la vibración impuesta sufre un desplazamiento de fase de 180° exactamente en el momento en que la frecuencia de la vibración incidente llega a ser igual a la frecuencia propia del péndulo. En el caso del átomo la situación es ligeramente distinta. También en este caso, una radiación incidente de alta frecuencia hace vibrar todos los electrones en fase opuesta a la de los rayos incidentes. Si la frecuencia de los últimos decrece, se aproxima al orden de frecuencias propias de los electrones K. Sin embargo, en un átomo, los electrones no

están subordinados a una frecuencia determinada, pero el enlace de los electrones K está caracterizado por la banda de frecuencias que pueden excitar los electrones y desplazarlos a órbitas disponibles. Si la frecuencia del haz de rayos X incidente en el átomo se acerca y llega a esta zona de absorción, se esperaba — y después se confirmó por cálculos cuantomecánicos — que la fase de los electrones K covibrando cambiase gradualmente. Es esta diferencia de fase en los átomos difractantes, desviándose de π o cero, a la que se refirió Von Laue, la que permite la determinación de la configuración absoluta por el análisis por rayos X.

DIFRACCION ANOMALA Y LEY DE FRIEDEL

El experimento sugerido por Von Laue no fué realizado hasta el año 1930. Se llevó a cabo para comprobar la llamada ley de Friedel que expresa la equivalencia de reflexión y contrarreflexión, es decir el efecto en los lados diametralmente opuestos de un cristal (Fig. 7). Su equivalencia es consecuencia natural de la simetría, si, como en la Fig. 7(*b*), no hay diferencia en la disposición de los planos de abajo arriba o de arriba abajo. En el caso de una sucesión polar, como en Fig. 7(*a*) no hay ninguna consideración de simetría que impida una no equivalencia de reflexión A y contrarreflexión A′.

Es cierto que Friedel inicialmente era de opinión que «*les deux rayons A et A′, identiques par symétrie dans le cas de l'holoédrie, restent forcément identiques par symétrie dans le cas de l'hémiédrie*» pero pronto se demostró que este «*forcément*» no estaba bien fundado.

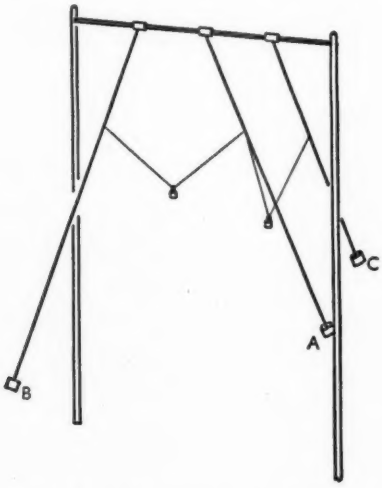


FIGURA 6 – *El péndulo A excita el péndulo más largo B y el más corto C. B oscila con fase opuesta y C con la misma fase.*

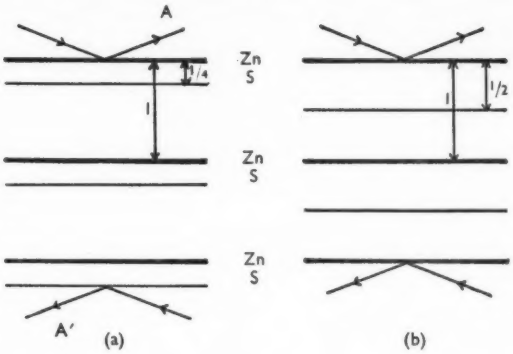


FIGURA 7 – *Reflexión y contrarreflexión de una sucesión* (a) *polar,* (b) *no polar, de planos cristalinos de sulfuro de zinc.*

Coster, Knol y Prins [8] midieron la intensidad de las reflexiones A y A′ para casos tales como se muestra en la Fig. 7(*a*), de un cristal de blenda de zinc, con planos tetraédricos formados alternativamente por átomos de Zn y de S. La distancia entre sucesivos planos Zn y S es un cuarto del período ZnS—ZnS.... En la llamada reflexión de primer orden, la diferencia de trayectoria entre los rayos reflejados por los sucesivos planos de átomos de Zn es λ, y la que existe entre los rayos reflejados por los sucesivos planos de Zn y S es por tanto $\lambda/4$.

Para una radiación de longitud de onda arbitraria, el cambio de fase es el mismo en el átomo de Zn que en el átomo de S. Por consiguiente, en la reflexión A, la onda reflejada por el plano de zinc aventaja a la onda reflejada por el plano de azufre en 90°, mientras que en la reflexión A′ retrasa 90°. La composición de las dos ondas da la misma intensidad resultante, mientras que la sucesión polar cambia sólo el signo de la diferencia de fase. La reflexión normal de rayos X no revela ninguna diferencia entre la cara del cristal que tiene un plano tetraédrico opaco y poco desarrollado y la otra con uno brillante y bien desarrollado. En este aspecto es menos sensible que el ojo humano.

Coster, sin embargo, eligió una radiación — $L\alpha_1$, radiación del oro — que excita los electrones K del zinc. En esta difracción anómala, la fase al átomo de zinc adquiere una ventaja cuando se compara con la onda al átomo de azufre. Supongamos que la magnitud de esta ventaja es 10°,

que es aproximadamente el valor que se deduce teóricamente.

En la reflexión A, la diferencia total de fase que se activa en la interferencia es $90° + 10° = 100°$, en lugar de 90°. En la reflexión A′ es $-90° + 10° = -80°$. En el primer caso el desplazamiento se acerca a una oposición de fase (180°), en el segundo caso se acerca a un refuerzo (0°). Por tanto A debe tener menos intensidad que A′. Coster y sus colaboradores han logrado demostrar esta diferencia.

Ahora bien, el análisis por rayos X no sólo revela la diferencia, sino que establece — lo que naturalmente es completamente imposible para el ojo humano — que el plano opaco es el que tiene los átomos Zn haciendo frente afuera, ya que se ha encontrado que es el que produce la reflexión más débil y se ha visto que esta reflexión es la del plano de Zn (Fig. 7(*a*)).

Después de notar que la ley de Friedel no es aplicable, se puede determinar si el cristal es observado en la dirección ZnS—ZnS o en SZn—SZn. Esto se expresa generalmente diciendo que la polaridad de un conjunto atómico puede ser determinada con la ayuda de una difracción anómala.

Como se ha establecido más arriba, en la difracción normal de rayos X no se detecta ninguna diferencia entre los antípodas dextrogiro y levogiro. Se verá sin embargo que en las difracciones anómalas es posible determinar la configuración absoluta de los mismos.

DIFRACCION ANOMALA Y CONFIGURACION ABSOLUTA

Desde 1930 a 1950, el conocimiento de que la ley de Friedel no era válida en el caso de difracciones anómalas, iba acompañado de la doctrina de que era esencialmente imposible determinar la configuración absoluta mediante el análisis por rayos X.

La Fig. 8 (*a*) y (*b*) muestra claramente la identidad de este problema con el que se ve en la Fig. 7(*a*). En ambos casos se trata de una sucesión polar de planos atómicos, y es el sentido de tal sucesión lo que ha de ser determinado.

El que la estructura involucrada sea superponible o no consigo misma por inversión — el caso de ZnS y la identificación de antípodas respectivamente — es algo irrelevante. Si los antípodas están en posiciones invertidas, las reflexiones resultan desiguales en intensidad y la estructura se hace diferenciable si en la diferencia de fase entre dos átomos,

$$(\varphi_B - \varphi_A)_{\textit{total}} = (\varphi_B - \varphi_A)_{\textit{diferencia de fase}} + (\varphi_B - \varphi_A)_{\textit{proceso de difracción primaria,}}$$

el último término no es cero (difracción anómala). Por consiguiente, la diferencia de fase total no cambia de signo sólo porque las diferencias de trayectoria lo hagan.

Imaginemos que se ha determinado una estructura de un compuesto ópticamente activo; ésta queda definida, excepto por una posible inversión. Los cálculos mostrarán en cual de las dos configuraciones (dextro o levo) debe aumentar la intensidad de una cierta reflexión y en cual debe decrecer, cuando se use una radiación que justamente logre excitar uno de los átomos. Medidas de esta reflexión anómala en los dos antípodas[1] hacen posible asignar sin ambigüedades una determinada configuración.

TABLA II

Intensidades calculadas de difracción normal y anómala (RbH tartrato)

Indices de reflexión plana	*Intensidades calculadas*		
	Difracción anómala del modelo D	*Difracción normal*	*Difracción anómala del modelo L*
113	281	313	351
114	412	385	369
123	371	420	482
124	226	217	212
125	63	55	52
126	159	152	147
135	227	250	278
141	239	223	209
143	188	165	149
146	80	82	93
151	359	333	316

Es curioso notar que la importancia del caso ZnS para la determinación de la configuración absoluta sólo se hizo evidente cuando se reveló más llamativamente, a saber en la síntesis de Fourier de un compuesto ópticamente activo. Las

[1] Se comprende fácilmente que la intensidad de una determinada reflexión permanece sin cambio si se invierten tanto la estructura como la dirección de los rayos X. En vez de comparar la misma reflexión en ambos antípodas (Fig. 8 a → b), lo que realmente se compara son las intensidades anómalas de reflexión y contrarreflexión en un antípoda (a → c). Esta medida no sólo requiere un único antípoda, pero es asimismo más exacta, ya que se efectúa con la ayuda de un solo cristal en una sola película.

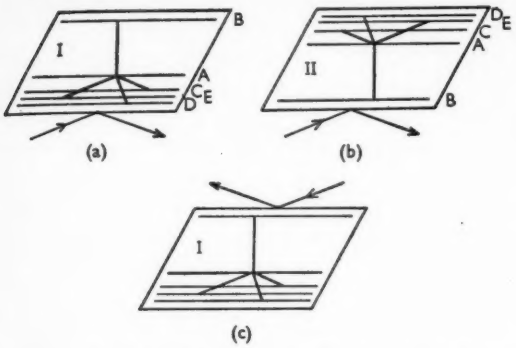


FIGURA 8 – (a) *y* (b) *como en la Fig.* 4; *a través de cada átomo se ha dibujado un plano paralelo al plano de reflexión. En* (b), *el orden de los planos DECAB está invertido con respecto a* (a); (c) *es la contrarreflexión de* (a).

imágenes difieren en este caso por la ubicación de los máximos de las ondas de densidad en un lado del origen o en el otro. Esta ambigüedad en la secuencia de los planos de densidad nos recuerda la de la Fig. 7(*a*) [9].

La Tabla II muestra el efecto de la difracción anómala en el caso del tartrato de sodio y rubidio dihidratado ($NaRbC_4H_4O_6.2H_2O$) en el cual el átomo de Rb fué excitado por la radiación K de Zr.

La Tabla III muestra los compuestos cuyas configuraciones absolutas han sido determinadas hasta el presente. La radiación característica fué obtenida por medio de un tubo con un ánodo especial (Zr, U). Sin embargo, recientemente se ha obtenido la radiación de la longitud de onda deseada por la radiación continua de un tubo normal de rayos X [10]. El plano de reflexión selecciona la longitud de onda deseada. Esto permite acercarnos tanto como queramos al límite de absorción de cualquier átomo.

TABLA III

Compuesto	*Atomo excitado*	*Radiación usada*
NaRb tartrato 2 aq. [11] ..	Rb	ZrKα
RbH tartrato [12]	Rb	ZrKα
*iso*leucina HBr 2 aq. [13] ..	Br	UL
$2[CoEn_3]Cl_3.NaCl.6H_2O$ [14]	Co	CuKα

Resulta pues que el ácido tartárico dextrogiro posee la configuración de la Fig. 2, o sea que queda demostrado que la hipótesis de Fischer corresponde a la realidad.

Conociendo la configuración absoluta del ácido tartárico y de todos los compuestos relacionados, y teniendo los medios de determinar la configuración absoluta de otras sustancias, podemos confiar que algunos problemas de estereoisomería todavía sin resolver se simplificarán grandemente.

BIBLIOGRAFIA

[1] KUHN, W. *Z. phys. Chem.*, B, **31**, 23, 1935. *Idem. Z. Elektrochem.*, **56**, 506, 1952.
[2] GORIN, E., WALTER, J., y EYRING, H. *J. chem. Phys.*, **6**, 824, 1928.
[3] MATHIEU, J. P.: «Les théories moléculaires du pouvoir rotatoire naturel», Librairie Gauthier-Villars, París. 1946.
[4] KIRKWOOD, J. G. *J. chem. Phys.*, **20**, 561, 1952. LOOYENGA, H. Tesis, Leiden. En publicación.
[5] WOOSTER, W. A. *Rep. Progr. Phys.*, **16**, 67, 1953.
[6] BRAGG, W. L. *Phys. Z.*, **15**, 77, 1914.
[7] VON LAUE, M. *Ann. Phys., Lpz.*, **50**, 433, 1916.
[8] COSTER, D., KNOL, K. S., y PRINS, J. *Z. Phys.*, **63**, 345, 1930.
[9] BIJVOET, J. M. *Nature, Lond.*, **173**, 888, 1954.
[10] GRENVILLE-WELLS, H. J., y LONSDALE, K. *Ibid.*, **173**, 1145, 1954.
[11] PEERDEMAN, A. F., VAN BOMMEL, A. J., y BIJVOET, J. M. *Proc. Acad. Sci. Amst.*, **B 54**, 16, 1951.
[12] VAN BOMMEL, A. J. *Ibid.*, **56**, 268, 1953.
[13] TROMMEL, J., y BIJVOET, J. M. *Acta Cryst., Camb.*, **7**, 703, 1954.
[14] SAITO, Y., NAKATSU, K., SHIRO, M., y KUROYA, H.: «Résumés des communications du troisième Congrès International de l'Union Internationale de Cristallographie».

Los cambios de color de los cefalópodos

WILLIAM HOLMES

Cuando en el curso de su evolución los cefalópodos abandonaron su concha protectora, desarrollaron la curiosa propiedad de cambiar rápidamente el diseño de su coloración como medida de protección. Los cambios de color se producen mediante la contracción o distensión de los cromatóforos, controlados por el sistema nervioso. El posterior estudio de estos fenómenos puede arrojar luz sobre la correlación entre la organización de los tejidos nerviosos y el comportamiento del animal.

Los cefalópodos deben su nombre a los largos apéndices que emergen de los tejidos cercanos a la boca, rasgo que es uno de tantos caracteres que los distinguen de los moluscos inferiores. Los moluscos octópodos (el pulpo, *Octopus*) utilizan estas estructuras como brazos, al tomar su alimento, o como piernas, para la locomoción. Los decápodos (la jibia o *Sepia* y el calamar o *Loligo*) los emplean solamente como brazos, y se mueven gracias a las ondulaciones de una aleta que corre a lo largo de ambos costados del cuerpo, o bien mediante la expulsión de un chorro de agua desde una de las cavidades corporales.

La mayoría de los moluscos primitivos disponían sin duda alguna de una concha o caparazón que les protegía contra los animales de presa. Sin embargo, este caparazón restringía sus actividades y la evolución del grupo les llevó a explorar nuevas fuentes de alimentación, inaccesibles para un animal provisto de una pesada concha. En consecuencia los cefalópodos desarrollaron los brazos y el mecanismo de propulsión a chorro, desapareciendo al mismo tiempo la concha como medio de protección.

La capacidad de cambiar el color es un recurso de protección, nuevo y alternativo, y como los moluscos lo adquirieron tarde en su historia evolutiva, nada tiene de extraño que el mecanismo de su funcionamiento sea único.

En las orillas del mar encontramos a veces el cuerpo de una jibia o un calamar muertos recientemente; aun cuando hayan transcurrido varias horas después de la muerte, podemos observar todavía las actividades cromatofóricas, base del cambio de color: sobre la superficie del cuerpo pasan ondas o nubes de color que cambian constantemente en un abrir y cerrar de ojos. Las ondas de color presentan variaciones en negro, castaño, rojo y amarillo. El efecto general es resultado de la actividad de un gran número de cuerpos individuales coloreados en la piel — rojos, marrón o amarillo anaranjado — sobre un fondo de un blanco nacarado e iridescente. Cada uno de dichos cuerpos varía de tamaño, desde una punta de alfiler, casi invisible, hasta un máximo que depende de las especies, pero que es tan grande o mayor que la cabeza de un alfiler.

Se sabe desde largo tiempo ha que cada uno de los cromatóforos es un saco hueco, de paredes elásticas, que contiene gránulos de pigmento; no se conoce todavía con exactitud la composición química de los mismos. Conectando la pared externa del saco con los tejidos adyacentes, encontramos fibras musculares lisas que irradian hacia fuera en el plano de la superficie del cuerpo. La contracción de estas fibras extiende el saco, convirtiéndolo en un disco plano que esparce su contenido coloreado sobre una extensa área; cuando cesa la contracción de las fibras, la elasticidad de las paredes reduce de nuevo el saco a una esfera del tamaño de la punta de alfiler [6]. Se han hecho muchos estudios sobre las propiedades fisiológicas de estas diminutas fibras musculares. Cabe medir la rapidez de la expansión de un cromatóforo mediante una foto-célula y un galvanómetro; el paso de su contracción completa a su expansión total puede verificarse en dos tercios de segundo. Las fibras musculares parecen inmunes a la fatiga, puesto que sus respuestas no decrecen aun después de un estímulo eficaz durante treinta minutos y a una frecuencia de treinta aplicaciones por segundo [4].

En la piel, los cromatóforos están dispuestos en tres capas; en la parte alta se encuentran los amarillentos, los rojos en el medio y en la parte inferior los castaño o negros [6]; unos se superponen sobre otros al expansionarse y, en consecuencia, resultan variados efectos de colores compuestos. El color nacarado del fondo es efecto de reflexión de la luz en la capa que contiene estructuras de carácter diferente llamadas iridocitos [7]. Estos son incapaces de cambiar de forma,

pero en ciertas regiones del cuerpo se reúnen en grupos que brillan con un color blanco claro; éstos, junto con los cromatóforos, como ya veremos, desempeñan un papel en la formación de diseños de color. Algunos de los grupos de iridocitos, en cierto sentido, son movibles, puesto que la piel en que descansan o bien puede estar aplanada a lo largo del cuerpo o bien arqueada en papillas muy visibles.

COLORACION PROTECTORA

Los colores de los animales se clasifican en varias categorías según su valor de adaptación, esto es, según el modo como afectan a otros animales de la misma especie, o a animales de una especie diferente que se encuentran en la misma localidad. Así la coloración puede dar lugar a que un animal se parezca a su ambiente inmediato, haciéndose así más o menos invisible a sus enemigos. Para un animal de rapiña es así mismo de gran valor este mimetismo con su medio ambiente, porque entonces le es posible sorprender a su víctima sin ser visto. Se da también la coloración de alarma: el animal puede estar provisto de colores brillantes, o bien de colores dispuestos en diseños llamativos, asociados con armas eficaces de defensa, o en último término con la protección que concede un sabor nauseabundo o la incomestibilidad.

La demostración de que los colores de un animal determinado tienen un significado biológico en cualquiera de esos sentidos, requiere experimentos sobre el comportamiento del animal mismo, de sus enemigos, presas y parejas. Con frecuencia estos experimentos son difíciles de llevar a cabo, y como, de todos los cefalópodos, sólo el pulpo puede resistir la vida en el acuario, resulta particularmente escasa la información sobre este grupo. Así, por ejemplo, poseemos conocimientos insuficientes sobre qué animales sean los principales atacantes de la jibia; los restos de cefalópodos encontrados a veces en el estómago de peces y crustáceos pueden provenir de haber utilizado en su alimentación animales muertos o moribundos y, en consecuencia, no prueban que sean atacantes normales. Afortunadamente, por observaciones directas sobre la conducta sexual [1, 8], poseemos pruebas más convincentes de la significación sexual del color en los cefalópodos.

LOS DISEÑOS DE COLOR DE LAS JIBIAS

La jibia presenta un diseño de cebra cuando nada sin estorbos en un acuario grande. A lo largo de ambos costados de su espalda se ven anchas listas alternas de color marrón obscuro y casi blanco (Fig. 5); listas semejantes aparecen sobre los grandes brazos laterales, uno de los cuales es visible a un lado en la misma figura. La aleta, visible también, está en movimiento y presenta un moteado marrón pálido; la parte inferior del cuerpo es blanca. Una zona en mitad del dorso, la cual presenta el aspecto de un jibión extendido sobre él, aparece moteada de color cuando el animal está encerrado en un tanque y se ve obligado a permanecer siempre cerca del fondo o de las paredes. En un tanque grande las listas de cebra cubren toda la superficie dorsal, si bien son más estrechas a la altura del jibión. La Fig. 5 muestra también que las zonas circulares blancas en la base de la aleta son un elemento del diseño.

La superficie ventral del cuerpo es pálida, y esta diferencia entre ambas superficies superior e inferior demuestra el primer principio de la coloración de protección — el del «contrasombreado esfumador». La superficie dorsal recibe la mayor parte de la luz incidente y refleja un mínimo; la superficie ventral está en la sombra y refleja casi la totalidad de la luz que incide sobre ella. Esto contrarrestra los efectos normales de luz y sombra que producen la apariencia de solidez en un cuerpo; así el animal queda protegido por el artificial esfumado que ha experimentado su forma. Si la jibia se encuentra sobre su dorso, como ocurre con harta frecuencia en momentos de lucha, se expansionan instantáneamente los cromatóforos obscuros de la superficie ventral, disminuyendo así la peligrosa claridad que reflejaría el vientre blanco, si la luz cayera de plano sobre él. No es preciso hacer hincapié sobre el valor protectivo de las listas blancas y negras; sirven, como en la cebra, para dislocar la forma del cuerpo y para hacerlo menos visible como objeto de forma determinada. Con frecuencia la jibia nada entre macizos de ondulantes algas marinas, y al hallarse cerca de la superficie, los rizos de luz y sombra caen sobre ella contribuyendo aún más al engaño.

Otro lugar en que suele encontrarse con frecuencia la jibia es en las aguas someras de la costa donde el fondo del mar es arena o cascajo de conchas. Cuando el animal nada muy pegado a semejante fondo, modifica sus diseños listados mediante una contracción parcial de los cromatóforos obscuros y una nueva expansión de los de matiz más claro; de este modo tiende a adaptarse a su medio ambiente, presentando listas mucho menos contrastadas, del color de la arena, sobre su dorso, que se asemeja así a los juegos de luz sobre el fondo arenoso del mar. Si descansa en la arena, desaparecen del todo las listas, quedando

un diseño moteado de un color que iguala el fondo, consecuencia de la reflexión de la luz en los tres tipos de cromatóforos, diversamente extendidos en parches irregulares (Fig. 1). Este tipo de dibujo cubre la cabeza, brazos y dorso.

Estudiemos ahora los diseños cuadrangulares y listados que cabe fácilmente provocar en animales dentro de un tanque pequeño. Si ennegrecemos el fondo y paredes del tanque, la jibia recibe comparativamente poca luz incidente. Su reacción es hacerse uniformemente muy obscura de color mediante la expansión completa de los cromatóforos negros. Si se introduce entonces en el tanque un objeto blanco, por ejemplo un plato de porcelana, aparecen sobre el cuerpo áreas netamente claras. Cabe distinguir en el diseño blanco y negro tres elementos principales: una lista que cruza la cabeza por encima de los ojos, un rectángulo en el centro de la espalda, y unas listas blancas que se extienden simétricamente desde el rectángulo central hacia abajo a ambos lados de la espalda (Figs. 6–9). Como puede observarse en estas figuras, es posible que el rectángulo aparezca con o sin listas blancas. Como artificio de protección son útiles estos diseños, bien por que acentúan la semejanza con lo que le rodea, bien esfumando los perfiles del cuerpo. Van acompañadas con frecuencia de otro tipo de diseño blanco sobre fondo negro, causado por la elevación muscular de papillas que contienen una concentración de iridocitos, las cuales sobresalen en posiciones regulares a lo largo de la aleta (Fig. 7). Se observa en la Fig. 9 una circunstancia interesante. El animal, que acaba de ser introducido en el tanque obscuro, pasa directamente del diseño de lista color de arena al diseño del rectángulo blanco; el rectángulo aparece primeramente sobre la mitad del cuerpo en la que el ojo está más próximo al plato blanco.

Tal vez los diseños más notables son los «aterrorizantes», que aparecen y desaparecen con gran rapidez. Una fuerte excitación de la jibia va acompañada de una serie de cambios de color de rapidez extraordinaria que afectan todo el cuerpo del animal, produciéndose una exhibición de diseños cada uno de los cuales dura tan sólo unos instantes. Una conmoción fuerte, un movimiento violento en el campo visual o una alteración en la postura del animal si se intenta volverlo de espaldas, son suficientes para producir estos cambios.

De ordinario la primera señal de perturbación del animal es la aparición de dos manchas negras situadas simétricamente en el dorso, siempre en la misma posición (Fig. 4). Si se estimula al animal con bastante suavidad, frotando por ejemplo un lado de su cabeza, aparecerá una sencilla mancha en el mismo lado del cuerpo donde hayamos aplicado el estímulo. Muy pronto la aparición de manchas negras va seguida de palidez total en el resto del cuerpo, de modo que las manchas sobresalen marcadamente. Raras veces esta palidez dura más de uno o dos segundos, siguiéndole de ordinario un cambio completo inmediato: el ennegrecimiento total del cuerpo. A una nueva irritación sigue un nuevo diseño: se forman dos listas longitudinales negras sobre la espalda y lo restante del cuerpo se vuelve otra vez blanco. Las líneas laten vivamente sobre el dorso pálido. El recurso final del animal es la eyección de una «nube de tinta», quedando luego inmóvil el animal escondido dentro de la nube negra. Esta queda suspendida largo tiempo en el agua, lo que hace imposible toda observación del color del animal mismo. Sabemos que el despliegue súbito de determinada coloración constituye una forma de señal de alarma en otros grupos de animales. Los despliegues «aterrorizantes» de la jibia pueden protegerla también de otro modo. Los cambios rápidos de negro a blanco producen el efecto de desaparición del animal aun a la perspicaz vista humana, y el súbito movimiento de las visibles formas coloreadas puede desconcertar al animal de presa y aun hacerle desistir de su ataque.

Ningún otro cefalópodo posee un repertorio tan extenso de diseños como la jibia. El pulpo presenta algunos cambios comparables, como se ve en las Figs. 2 y 3, pero los calamares que viven en aguas más profundas, aun siendo capaces de cambios generalizados de color, no producen diseños visibles. Estas criaturas de mares abiertos presentan en lugar de ello diseños luminescentes en la obscuridad [3], pero se han estudiado muy poco a causa de la enorme dificultad de mantener vivos dichos animales en los acuarios.

EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL Y EL CAMBIO DE COLOR

Las pequeñas fibras musculares cuya actividad controla los cambios de color, son activadas por fibras nerviosas que emergen del sistema nervioso central del animal en los lóbulos de los ganglios subesofágicos. Se hizo notar hace ya algunos años [5] que los diseños de color de los cefalópodos constituyen de este modo una representación visible de pautas de la actividad nerviosa.

En años recientes, J. Z. Young y B. B. Boycott han considerado este problema como una parte de sus estudios del comportamiento de los cefalópodos y de la organización nerviosa que lo causa.

FIGURA 1 – *Jibia. Vista lateral de la cabeza, con los brazos a la izquierda. El animal descansa en un fondo de cascajo de conchas y muestra el diseño moteado.* ($\times \frac{2}{3}$)

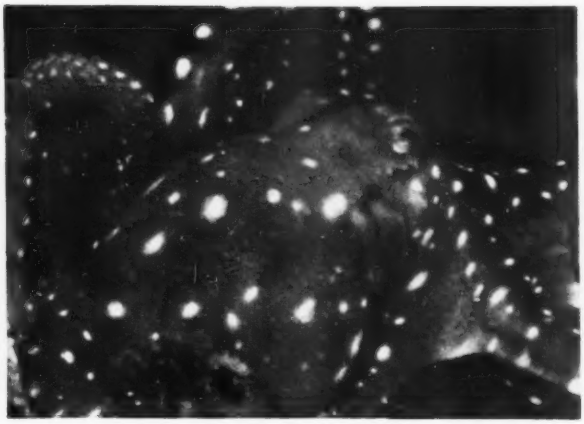


FIGURA 2 – *Pulpo. Vista oblicua desde atrás. Los parches blancos de iridocitos resaltan sobre un fondo uniforme.* ($\times \frac{1}{3}$)

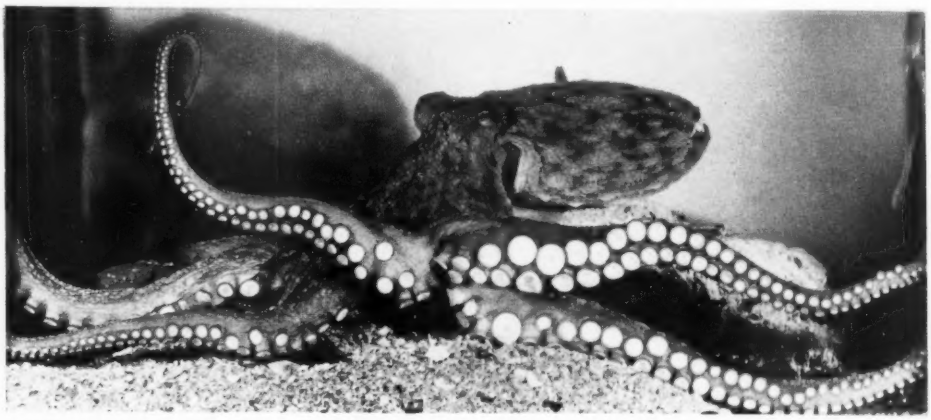


FIGURA 3 – *Pulpo. Vista oblicua de frente. La cabeza y el cuerpo muestran un diseño moteado.* ($\times \frac{1}{3}$)
(Fotografía de D. Wilson.)

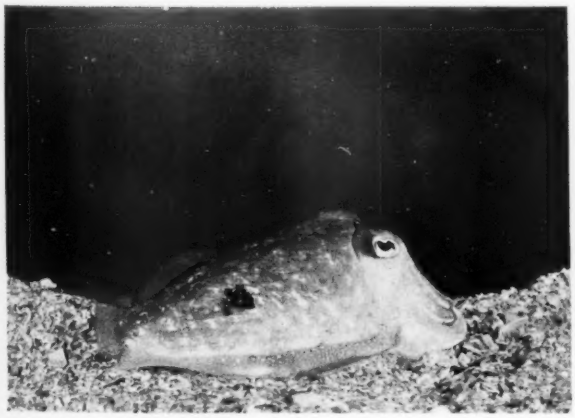


FIGURA 4 – *Jibia. Vista lateral. El animal, irritado, va desarrollando el diseño de manchas negras.* ($\times \frac{1}{4}$)
(Fotografía de D. Wilson.)

FIGURA 5 – *Jibia. Vista lateral. El listado a la manera de una cebra.* ($\times \frac{1}{3}$)

(Las figuras 1, 2 y 5 están tomadas de un documental cinematográfico sobre la Estación Zoológica de Nápoles realizado en 1952 por el Dr. O. Schulz-Kampfhenkel, a quien corresponden los derechos.)

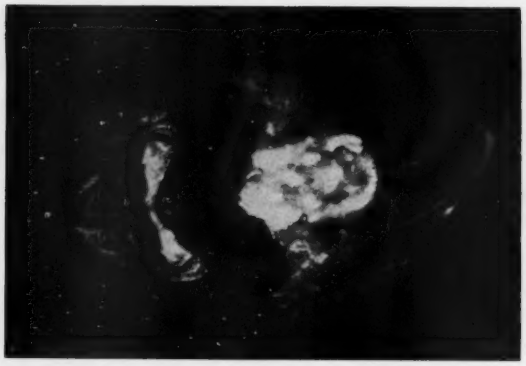


FIGURA 6 – *Jibia. Vista dorsal. Rectángulo blanco y listas.* (× ⅓)

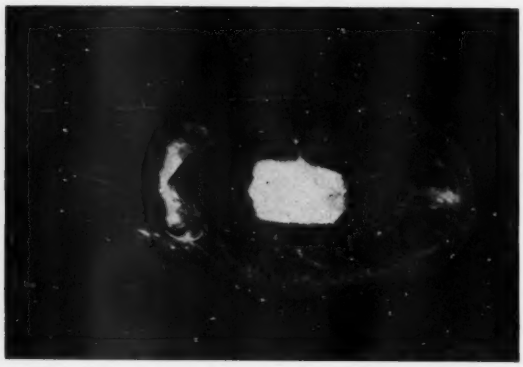


FIGURA 7 – *Jibia. Vista dorsal. El rectángulo blanco, con los iridocitos elevados sobre papillas en el costado derecho del cuerpo en la base de la aleta.* (× ⅓)

FIGURA 8 – *Jibia. Vista dorsal. El animal reposa sobre un fondo negro con el plato blanco a la vista, y empieza a desarrollar el diseño de rectángulo blanco y listas.* (× ⅓)

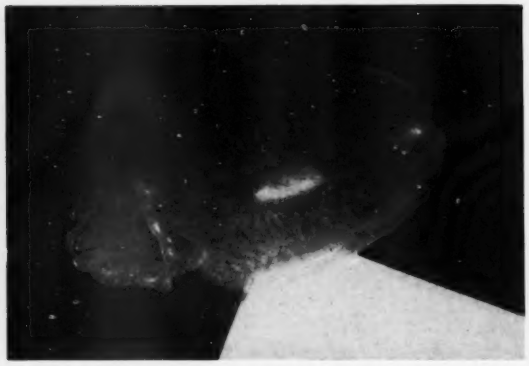


FIGURA 9 – *Jibia. Vista dorsal. Inmediatamente antes de tomarse la fotografía se había extraído al animal de un acuario grande en el que nadaba mostrando el diseño de cebra, y fué colocado luego contra un fondo negro con un plato blanco a la vista. El diseño de cebra va desapareciendo y lo remplaza un diseño de rectángulo blanco.* (× ⅓)

En un informe preliminar Boycott [2] hace una introducción a estos estudios. Las neuronas motoras cromatofóricas de los ganglios subesofágicos están regidas por los nervios procedentes de los ganglios supra-esofágicos — los centros superiores de los cefalópodos — y éstos pueden recibir excitaciones de las fibras de los órganos de los sentidos óptico, tactil y estático. En los lóbulos cromatofóricos, la organización del tejido nervioso muestra una notable diferencia entre el pulpo y la jibia por un lado y el calamar por otro. En los dos primeros la masa de fibras nerviosas, típica de los centros nerviosos, presenta una mayor regularidad de distribución. Hay, pues, la posibilidad en extremo interesante de que los cambios de color de estos animales puedan ser la clave de un problema general extraordinariamente difícil: la correlación entre los diferentes tipos de organización en el sistema nervioso y las diferencias de comportamiento.

REFERENCIAS

[1] BOTT, R. *Z. Morph. Ökol. Tiere*, **34**, 150, 1938.

[2] BOYCOTT, B. B. *Proc. Linn. Soc. Lond.*, **164**, 235, 1953.

[3] HARVEY, E. N.: «Living Light». Princeton University Press, Princeton; Oxford University Press, Londres. 1940.

[4] HILL, A. V. y SOLANDT, D. Y. *J. Physiol.*, **83**, 13 (supl.), 1935.

[5] HOLMES, W. *Proc. zool. Soc. Lond.* A, **110**, 17, 1940.

[6] PARKER, G. H.: «Animal colour changes and their neurohumours». Cambridge University Press, Londres. 1948.

[7] SCHÄFER, W. *Z. Zellforsch.*, **27**, 222, 1937.

[8] TINBERGEN, L. *Arch. néerl. Zool.*, **3**, 323, 1939.

Aspecto químico de la industria atómica

E. GLUECKAUF

La purificación y prueba de los combustibles usados en los reactores nucleares y la eliminación sin riesgos de los productos de desecho, tan peligrosos potencialmente, plantean serios problemas al ingeniero químico. En el presente artículo se estudian esos problemas, así como la posible utilización de los subproductos radiactivos.

La producción de energía atómica se basa en la capacidad de ciertos elementos inestables para reaccionar con neutrones y así iniciar una reacción en progresión que se mantiene por sí misma y que puede ser controlada. La pila de uranio utiliza esta reacción en progresión, pero como en tal uranio natural la mayor parte es uranio 238 y contiene solamente 0,7% de uranio 235, la energía resultante es producida en una masa tan pesada de material que es difícil utilizarla. Para obtener económicamente energía nuclear, necesitamos no sólo combustible nuclear, sino combustible nuclear concentrado. Tales combustibles concentrados no existen en la naturaleza y deben ser manufacturados por procedimientos muy complicados. Los combustibles adecuados para combustión con neutrones lentos son potencialmente obtenibles por tres caminos:

1. Los isótopos de uranio pueden ser separados y extraído el 0,7% de uranio 235;
2. Puede «criarse» el plutonio 239 haciendo reaccionar el uranio 238 con neutrones;
3. Puede «criarse» el uranio 233 haciendo reaccionar el torio 232 con neutrones.

El primer proceso parece a primera vista el más sencillo pero requiere la inversión de fuertes capitales y consume grandes cantidades de energía eléctrica. El segundo proceso, que tiene lugar en la pila de uranio natural, demuestra ser el método más económico. El tercer procedimiento no tiene interés por ahora, ya que sólo funciona económicamente con el exceso de neutrones de los reactores de combustible concentrado.

PRODUCCION DE PLUTONIO

Las fases del reactor de uranio natural, están indicadas en la Fig. 2. Un neutrón lento encuentra un núcleo de U^{235} y se combina con él para formar un átomo inestable excitado, U^{236}, que inmediatamente explota en dos fragmentos y dos a tres neutrones, resultando una media de 2,56 neutrones. El destino de estos neutrones es el siguiente:

1 continúa la reacción en progresión por combinación con otro átomo U^{235};

0,9 se combinan con U^{238} para producir finalmente plutonio;

0,61 se pierden de varias maneras: perdiendo velocidad, al formar el U^{236} estable, o escapando hacia el exterior;

0,05 son neutrones en exceso que pueden ser utilizados para acelerar la reacción o bien para producir isótopos; si no son utilizados en esa forma tendrán que ser absorbidos por las barras reguladoras.

Así, por cada kg de U^{235} destruído obtenemos 0,9 kg de Pu y 1 kg de productos de escisión, todos esos contenidos en variables cantidades de uranio, generalmente del orden de 1000 kg, según la velocidad de combustión del U^{235}.

Los productos de escisión consisten en 35 elementos, desde el cinc al gadolinio, correspondientes a la parte media del sistema periódico. La mayor parte de ellos son radiactivos: 1 kg representa una actividad del orden de 2 millones de curios[1]. Esto corresponde a 10 kW de potencia radiante, suficiente para matar casi instantáneamente cualquier célula viva. Por supuesto, esta intensa radiactividad es lo que entorpece tan considerablemente las operaciones químicas.

Los problemas químicos comienzan, no obstante, mucho antes de que una pila de uranio natural pueda ponerse en marcha. La Fig. 2 muestra que solamente el 2% aproximadamente de los neutrones creados son neutrones excedentes; la ausencia de éstos impediría que la pila fuese puesta en marcha. Si existe en la pila el más

[1] Un curio es la tasa de descomposición de 1 g de radio, o $3{,}7 \cdot 10^{10}$ átomos destruídos por segundo. La unidad de tasa de energía liberada es el MeV-curio, que corresponde a $3{,}7 \cdot 10^{10}$ MeV/seg., o sea 0,0054 W.

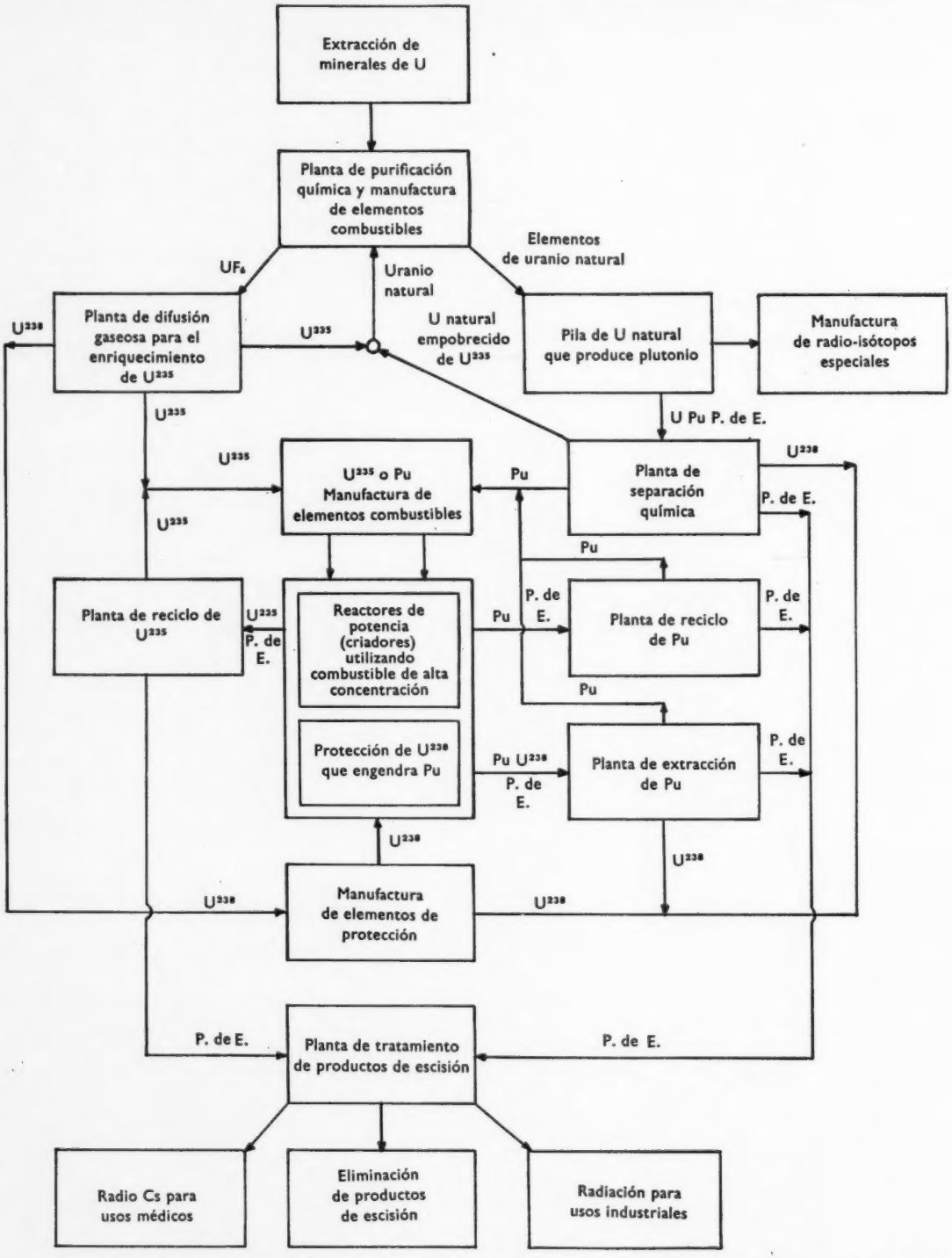


FIGURA 1 – *Diagrama de las plantas químicas relacionadas con un reactor para la producción económica de energía.*

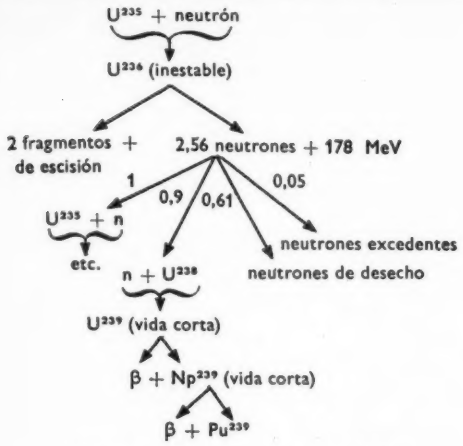


FIGURA 2 – *Esquema de la escisión.*

pequeño indicio de substancias extrañas absorbentes de neutrones, se elevaría enseguida la proporción de neutrones de desecho de 0,61 a 0,66 o más, eliminándose así los neutrones excedentes requeridos para acelerar la reacción en progresión. Por consiguiente, todos los materiales utilizados en la construcción de una pila de neutrones lentos, tienen que ser objeto de una previa purificación química a un grado casi desconocido en la práctica industrial, debiendo desarrollarse métodos analíticos que permitan la determinación de muchas impurezas presentes, que alcanzan solamente algunas partes por millón. La pequeña proporción de neutrones excedentes en una pila de uranio natural causa todavía ulteriores complicaciones. Una vez que la pila está funcionando, produce sus propios venenos en forma de productos de escisión, algunos de los cuales consumen neutrones lentos. Mucho antes de que una fracción apreciable de U^{235} haya sido utilizada, tales impurezas comienzan a consumir neutrones a tal ritmo que la reacción en la pila no puede mantenerse por sí misma. Es una característica de las pilas de uranio natural y de todos los reactores de neutrones lentos, que los materiales escisibles han de ser purificados de sus productos de escisión a intervalos regulares.

SEPARACION QUIMICA DURANTE EL RECICLO

La composición del material que ha de ser tratado aparece en la Tabla 1, que indica las cantidades y las intensidades radiactivas de los productos de escisión varios meses después de haber sido separados de la pila; después de ese intervalo, los materiales radiactivos de vida más corta han

TABLA I

Principales productos de escisión de 1000 *gramos de* U^{235} (150 *días de irradiación,* 30 *días de enfriamiento*)

Grupo	*Elemento*	*g*	*Curios*
1	Rb	14	—
	Cs	108	2 900
2	Sr	39	110 000
	Ba	39	66 000
3	Y + tierras raras	308	675 000
4	Zr	114	119 000
5	Nb	5	200 000
6	Mo	84	190
	Te	14	1 200
7	Tc	26	170
	I	6	11 000
8	Ru, Rh, Pd	74	235 000
	Kr + Xe	128	6 300
		Actividad total ..	1 426 760

quedado destruídos, lo que facilita grandemente el problema de su manipulación.

Como están también presentes como impurezas el hierro, níquel, cobalto y silicio, con unos 900 g de plutonio, aproximadamente 1000 kg de uranio y 1–2 g de americio, puede verse que la mezcla contiene constituyentes de todos los grupos del sistema periódico. Afortunadamente, el problema para el que proyecta la planta, no es separar la mezcla en todos sus constituyentes, sino dividirla, tan exactamente como sea posible, en las tres partes siguientes:

1. Plutonio, para ser utilizado como material concentrado de escisión;
2. Uranio para recuperar y reciclar;
3. El resto, incluyendo todos los productos activos de escisión.

Cuatro métodos principales de efectuar esta división se nos ocurren inmediatamente:

1. Extracción con un disolvente;
2. El clásico método de separación por precipitación de las soluciones;
3. Separación por destilación a alta temperatura de los haluros;
4. Separación utilizando columnas de intercambio de iones.

Todos esos métodos tienen sus ventajas y sus

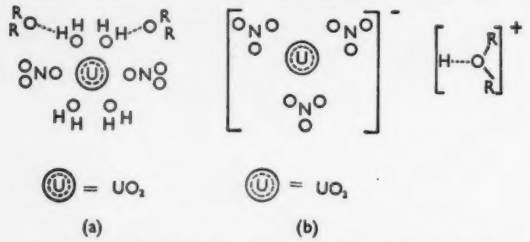


FIGURA 3 – *Modelo* (a) *de nitrato de uranilo no disociado en solución etérea,* (b) *de ión trinitrato de uranilo.*

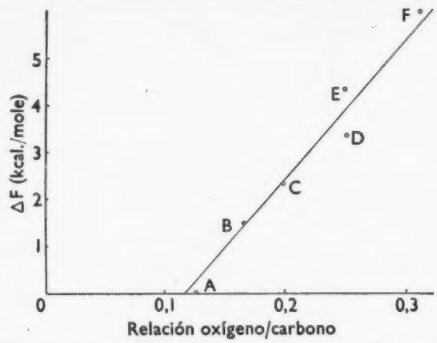


FIGURA 4 – *Energía libre de la extracción de nitrato de uranilo con disolvente, expresada como una función de la relación oxígeno-carbono en el éter. A = éter n-dibutílico, B = éter di-isopropílico, C = celusolve dibutílico* [C_4H_9—O—C_2H_4—O—C_4H_9], *D = éter dietílico, E = carbitol dibutílico* [C_4H_9—O—C_2H_4—O—C_2H_4—O—C_4H_9], *F = pentaéter* [C_4H_9—O—(C_2H_4—O—)$_4C_4H_9$].

inconvenientes, pero ninguno de ellos puede ser aplicado tan fácilmente y con tanta seguridad como la extracción con un disolvente, el cual da facilidades para el control a distancia. Como los nitratos de uranio y de plutonio son mucho más solubles que los nitratos de cualquier otro catión en los disolventes orgánicos oxigenados insolubles en agua (tales como éteres y ésteres), es practicable su separación del conjunto de productos de escisión por extracción con un disolvente.

La química del uranio y del plutonio en estos disolventes es por sí de lo más interesante [1]. Los nitratos están casi completamente no ionizados. Están hidratados con cuatro moléculas de agua por término medio, que son transportadas a la solución orgánica, donde tiene lugar una ulterior solvatación con el disolvente orgánico. Así, el nitrato de uranilo, en solución etérea neutra, es aproximadamente como se ve en la Fig. 3(*a*), donde ocho átomos de oxígeno rodean a cada átomo de uranio. Sin embargo, en presencia de ácido nítrico fuerte el nitrato de uranilo en la solución se ioniza parcialmente, formando un anión trinitrato anhidro $[UO_2(NO_3)_3]^-$, también con ocho oxígenos que rodean al uranio (Fig. 3(*b*)). Las investigaciones han demostrado que la capacidad de los disolventes para extraer el uranio o, más precisamente, la energía libre del equilibrio de extracción, es, para un determinado tipo de disolvente, una simple función de la relación oxígeno-carbono del disolvente; es casi independiente del tamaño molecular y de la estructura molecular del disolvente (Fig. 4).

Como hemos dicho, el proceso de extracción con un disolvente depende de la diferencia de extractibilidad de los nitratos de uranio y de plutonio respecto a todos los demás nitratos. Al mismo tiempo, el uranio y el plutonio difieren grandemente entre sí en la estabilidad de sus varias valencias. Ambos pueden existir con las valencias 3, 4, 5 y 6, pero la valencia más estable del uranio es 6 (nitrato extraíble con disolvente orgánico), mientras que las valencias más estables del plutonio son 4 (nitrato extraíble con disolvente) y 3 (nitrato no extraíble con disolvente). Así, es posible separar uranio y plutonio entre sí, mediante nueva extracción con un disolvente utilizando un agente reductor.

La Fig. 5 muestra diagramáticamente un proceso posible de disolución, extracción de uranio y plutonio en estado de oxidación de los productos de escisión, la separación de plutonio por extracción acuosa de la solución orgánica que se obtiene bajo condiciones reductoras y, finalmente, la extracción del uranio otra vez en el agua, regenerando al mismo tiempo el disolvente, que vuelve a la primera columna de extracción.

Los talleres químicos en los cuales se llevan a cabo tales operaciones con materiales radiactivos, son ejemplos de extremada limpieza. Una plataforma de trabajo en la torre de la planta de separación primaria en Windscale es notable por la ausencia de todo aparato espectacular. Solamente se ven por fuera de las gruesas paredes de cemento, de dos metros de espesor, algunas válvulas y manómetros. Dentro de esta celda, donde no se ha entrado desde que la factoría comenzó a operar hace varios años, no hay bombas ni válvulas ni partes móviles; solamente columnas de extracción, tanques y kilómetros de tubo de acero inoxidable en los cuales el flujo de los líquidos se controla por medio del aire comprimido y de la gravedad, usando los dispositivos más sencillos posibles. La Fig. 6 muestra la planta de separación con su torre de extracción de 65 metros. Su solidez puede apreciarse por el hecho de que para

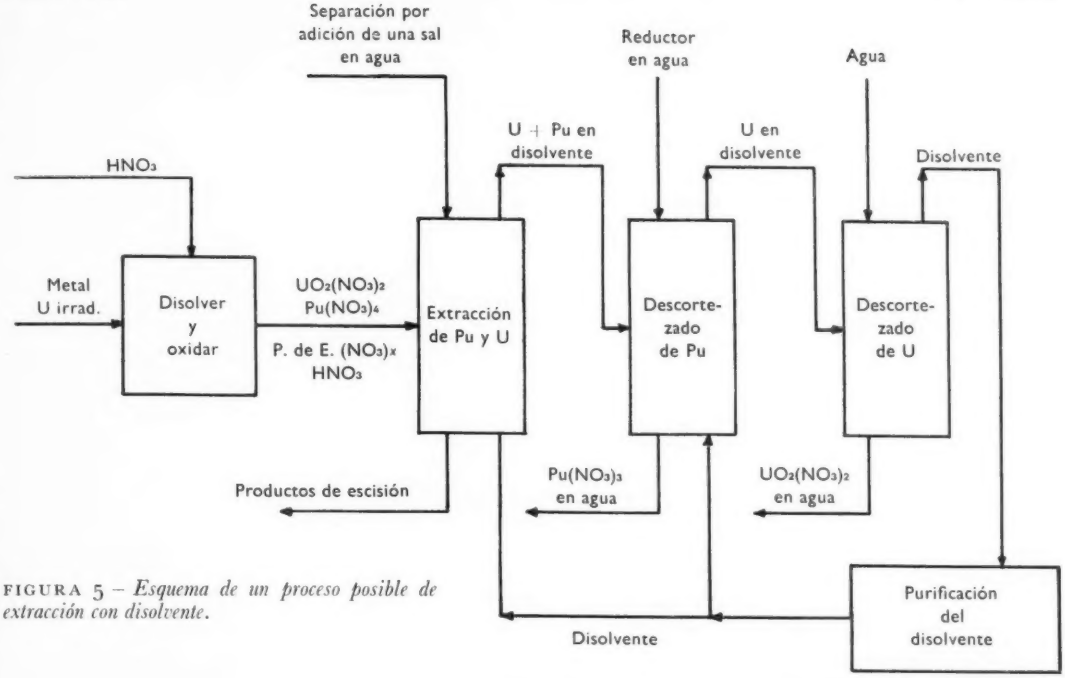


FIGURA 5 – *Esquema de un proceso posible de extracción con disolvente.*

FIGURA 6 (*a la derecha*) – *Vista exterior de la planta de separación de Windscale. En el fondo pueden verse las chimeneas de las pilas de producción con sus filtros en la parte alta.*

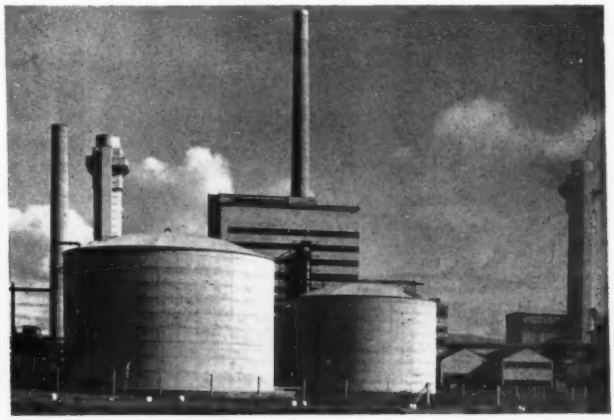


FIGURA 7 – *Torre de la planta química en Harwell.*

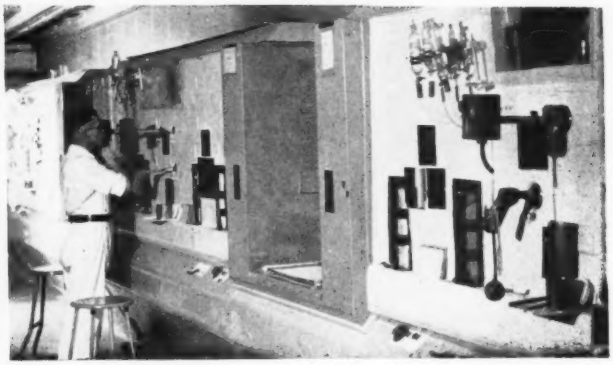


FIGURA 8 – *Manipulación de productos químicos radiactivos detrás de paredes de plomo.*

construirla se emplearon 30 000 toneladas de hormigón. El proceso químico, por supuesto, no termina con la separación primaria. El uranio y el plutonio deben ser purificados posteriormente; no obstante, después de eliminar los productos radiactivos de escisión, esto puede realizarse por procesos normales.

Por supuesto, son necesarios extensos laboratorios anejos para el rígido control de estos procesos. La principal diferencia entre éstos y los laboratorios de investigación de otras industrias químicas es la importancia del sistema de ventilación. El polvo radiactivo es un peligro más grande para la salud que la radiación misma y pueden necesitarse hasta 60 cambios de aire por hora en los laboratorios en que se trabaja con plutonio. Bajo las condiciones prescritas, el trabajo es absolutamente seguro y la tolerancia de radiación permitida es de hecho menor que la producida por los relojes de pulsera con esfera luminosa que contienen pequeñas cantidades de material radiactivo.

ELIMINACION DE LOS PRODUCTOS DE ESCISION

Igual que en otras industrias, en la nuclear se plantea el problema de dar salida a los productos de desecho, que en este caso son más tóxicos y peligrosos. Su radiactividad es demasiado intensa y de vida demasiado larga para poder eliminarlos arrojándolos al mar. Aunque se mezclasen con cemento y se arrojasen en la fosa atlántica, el peligro para los peces y por lo tanto para la salud humana, no puede calcularse con suficiente exactitud para permitir tal medida. Sin embargo, hasta ahora las cantidades no son tan grandes que no se puedan almacenar permanentemente en tanques de acero inoxidable, aunque tal procedimiento es muy caro. Por el momento este problema no es de gran importancia.

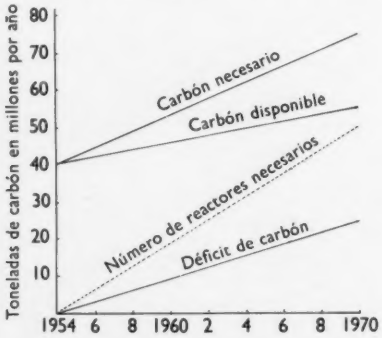


FIGURA 9 – *Déficit de carbón en la Gran Bretaña y número de reactores necesarios para cubrirlo.*

No obstante, la situación será muy diferente cuando comience un programa serio de producción de energía atómica [6]. El Consejo Nacional del Carbón en la Gran Bretaña [2] expresa la opinión que la cantidad de carbón utilizable en 1965 para la generación de electricidad, será del orden de 50 millones de toneladas (véase Fig. 9). Las autoridades encargadas de la producción de electricidad, por otra parte [3], esperan aumentar su consumo de carbón a un ritmo que en 1965 sobrepasará los 65 millones de toneladas anuales. Si se desea compensar esta diferencia entre las existencias y las necesidades por medio de la energía nuclear será preciso construir aproximadamente cincuenta reactores para 1970, que consumirán entre todos anualmente alrededor de ocho toneladas de combustible nuclear y producirán una igual cantidad de productos de escisión. En términos de radiactividad esto significa una producción anual aproximada de 1000 millones de MeV-curios, aun tomando en consideración la pérdida por desintegración en un año.

Cuando se alcance tal escala, la eliminación de los productos de escisión constituirá un serio problema. Es evidente que será preciso un alto grado de concentración química antes de que los productos de escisión puedan ser almacenados económicamente. Para esto tendrán que ser extraídos, los productos que han sido añadidos en cantidad unos cientos de veces mayor durante el proceso de separación primaria [4].

Se han sugerido muchos métodos para proceder con los residuos, señalándose dos tendencias. La primera es enterrar los productos de escisión o sus soluciones en condiciones tales que no puedan volver a la superficie hasta que su radiactividad se haya destruído completamente. La segunda es reducir al mínimo el volumen de esos productos, en forma que no puedan dispersarse fácilmente, y mantener sobre ello un control permanente. El método que se adopte debe ser tal que su costo represente aproximadamente no más del 5% del costo de producción de energía eléctrica. Tales consideraciones limitan notablemente los métodos que pueden emplearse y virtualmente eliminan cualquiera que incluya el transporte de los productos de escisión a largas distancias.

Por el momento parece que cualquiera que sea el método de eliminación final, habrá que tener en cuenta probablemente tres procesos químicos:

1. Concentración de las soluciones de desecho, presumiblemente por separación de los constituyentes volátiles inactivos por evaporación;

2. Desacidificación de los altamente reducidos volúmenes de las soluciones, por extracción ácida, por electrólisis utilizando membranas de intercambio de aniones, o por neutralización;
3. Separación de los productos de escisión en productos de larga vida, de más de cinco años de período mediador y en elementos de vida corta.

Los dos primeros procesos ofrecen evidentes ventajas para cualquier clase de almacenaje. El tercero nos permitiría aceptar para los materiales de vida corta el ligero pero patente peligro que lleva consigo la deposición directa en la tierra: en treinta años su actividad sería insignificante. Como este método es en lugares adecuados poco costoso, permitiría mayores gastos en la eliminación de los materiales de larga vida, de más reducido volumen pero verdaderamente peligrosos, tales como Cs^{137} y Sr^{90}; éstos son los que tienen que quedar permanentemente bajo control.

UTILIZACION FUTURA DE LOS PRODUCTOS DE ESCISION

Por el momento, lo que exige detallada consideración es el carácter perjudicial de los productos de escisión, pero no hay motivo para que sea siempre así. 10^9 MeV-curios de productos de escisión representan una fuente única de radiación de actividad química de gran potencial, con un suministro ininterrumpido de 5400 kW. Hoy conocemos poco acerca del método para utilizar económicamente tan intensa radiación en reacciones químicas, pero como fuente de calor — calculado a un penique el kWh — el valor potencial anual sería casi de 200 000 libras. Como fuente de radiación, el valor potencial sería de muchos millones de libras anuales. Es evidente que una tal fuente de energía no puede despreciarse simplemente como un desecho y, por tanto, se hacen investigaciones para desarrollar métodos que permitan utilizar estas radiaciones [5] en amplia escala industrial. Entre los usos sugeridos figura la iniciación y aceleración de las reacciones en progresión, como la polimerización del etileno y el intercambio de enlaces de los polímeros de cadena larga. Otros campos donde se propone la posible utilización en gran escala de la radiación, son la conservación de ciertos alimentos y la esterilización de productos farmacéuticos. Pueden descubrirse otros usos industriales cuando se disponga de grandes cantidades de productos de escisión.

La mayor parte de la energía radiante de los productos de escisión resultantes está contenida en cuatro elementos que tienen propiedades muy distintas. Hay los isótopos de larga vida del Cs (período mediador 32 años) que emiten valiosa radiación γ, y del Sr (período mediador 20 años), que emiten radiación β pura. El primero está llamado a contribuir grandemente a la expansión de la radioterapia en el tratamiento del cáncer, si bien para esto solamente se requeriría una mínima fracción del cesio producido. Además los isótopos de vida corta, Zr^{95} (con su descendiente Nb) y Ce^{144} (con su descendiente Pr). El primero emite una intensa radiación γ, la cual para un peso dado es aproximadamente 100 veces más intensa que la del cesio y puede encontrar aplicaciones útiles cuando se requieren pequeñas fuentes de rayos γ de una intensidad de un millón de curios aproximadamente. Ce^{144} emite una radiación β que no es totalmente pura y a causa de su corto período mediador tiene mucha más alta intensidad específica que el Sr^{90}.

En general no se tiene en cuenta que los productos de escisión contienen también un cierto número de especies químicas inactivas de valor considerable, aunque este valor es despreciable comparado con el de la energía del reactor y la energía radiante de los productos de escisión. Entre estos productos inactivos, el de más valor es el xenón, que, sobre la base de 8 toneladas de material escisible sería producido a un ritmo de 100 m^3 por año.

Un interesante producto que no existe en estado natural es el elemento 43, tecnecio, del cual se producirían 200 kg/año. Su radiactividad, de un período mediador de $2 \cdot 10^5$ años, es virtualmente despreciable; podrían descubrirse para él aplicaciones útiles.

REFERENCIAS

[1] McKay, H. A. C. y Mathieson, A. R. *Trans. Faraday Soc.*, **47**, 428, 1951.
Glueckauf, E., McKay, H. A. C., y Mathieson, A. R. *Ibid.*, **47**, 437, 1951.

[2] «Plan for Coal». National Coal Board, Londres. 1950.

[3] «B.E.A. Fourth Report and Accounts 1951–2». Her Majesty's Stationery Office, Londres. 1953.

[4] Hatch, L. P. *Amer. Scient.*, **41**, 410, 1953.

[5] Walton, G. N. *Atomic Scient. J.*, **3**, 200, 1954.
Walton, G. N. y Wright, J. *Nature, Lond.*, **127**, 147, 1953.
Informe preliminar preparado por el Grupo Stanford. *Nucleonics*, **8**, 5, 1951.
Chem. Engng Progr., Symposium Series **50**, Nº. 5, 249, 263, 1954.

[6] «A Programme of Nuclear Power». Her Majesty's Stationery Office, Londres. 1955.

Los antiguos fabricantes ingleses de instrumentos

DEREK J. PRICE

Los fabricantes de instrumentos científicos han representado un importante papel en el desarrollo de la ciencia experimental, sobre todo en la Gran Bretaña, donde tal tipo de artesanía ha florecido desde el siglo 16°. Los instrumentos bien construídos y de notable exactitud no son sólo una gran ayuda para el investigador; en muchos casos son además valiosos ejemplos de la obra de tales artífices, en cuyos talleres y comercios encontramos a menudo los antecedentes de la organización de las sociedades científicas.

Durante los primeros años del Renacimiento Científico se observó un aumento extraordinario del número de «segundones de la ciencia». Verdad es que también había grandes hombres, pero mientras hacia 1500 eran sabios aislados, hacia el 1700 ocupaban el centro de un considerable grupo de personas que construían y vendían o compraban y usaban instrumentos científicos en su trabajo cotidiano.

Esos artesanos y grabadores, maestros de navegación, topógrafos y otros «practicones» de la matemática eran, en su mayor parte, gente obscura. Sin embargo, muchos de sus instrumentos les han sobrevivido, algunos como ejemplos del más fino arte del trabajo en metal. También se conservan manuscritos y libros; pero en general, conocemos muy poco de la vida y labores diarias de tales personajes. Con todo, sus talleres y lonjas, sus lugares de reunión nos ofrecen los primeros ejemplos de actividad científica organizada, aparte de las universidades. Al principio eran los artesanos que empleaban los matemáticos y astrónomos para construir instrumentos de mayor complicación o exactitud, o de más lujo, que los que por sus propios esfuerzos podían éstos fabricar. Más tarde, los constructores de instrumentos formaron como un foco que atraería a eruditos y profesionales, a los curiosos del saber científico que ofrecía la «Nueva Filosofía».

En ninguna parte como en Inglaterra tuvo tanta importancia la labor de los fabricantes de instrumentos. Estas actividades se originan en Nuremberg, a fines del siglo 15°, probablemente bajo la inspiración de Regiomontanus, el «padre de la moderna astronomía». Hacia la mitad del 16° se había extendido a Augsburgo y otras ciudades alemanas. De allí pasó a Lovaina y luego, con un ritmo más intenso, a todos los puntos de Europa. En Inglaterra se inician estos trabajos con bastante retraso, pero una vez establecida allí la industria tomó firmes raíces en el centro metropolitano y marítimo de Londres, extendiéndose prodigiosamente. En otras regiones de Europa no corrió suerte tan favorable: en Italia y Francia había varios maestros notables, pero no crearon una escuela activa; en Lovaina, los talleres sufrieron grandemente y quedaron dispersos a consecuencia de la invasión de Alejandro Farnesio en 1578; en Alemania, la industria se hallaba moribunda poco después de 1600, y casi extinta al fin de la Guerra de los Treinta Años. En 1650 Londres se había convertido en el centro europeo más importante para la manufactura de instrumentos científicos, sientiéndose en otros países una cierta preocupación por la ausencia de maestros y talleres para dichos trabajos. Sin embargo, Londres pudo mantener su supremacía hasta la época posterior en que los viejos artífices desaparecen como consecuencia de la aparición de las fábricas y la producción en serie.

La cuestión de quién fuera el primer fabricante inglés de instrumentos es sobre todo la de la definición que demos a tal profesión; por lo tanto la respuesta es muy difícil. Hasta el final de la Edad Media los estudiosos diseñaban y construían sus propios instrumentos; los notables trabajos de los astrónomos del *Merton College* de Oxford en los siglos 13° y 14° condujeron a la fabricación de numerosos artilugios de gran novedad y complicación.

Probablemente el primer contacto entre Inglaterra y las nuevas pero florecientes escuelas alemanas se produjo por medio del bávaro Nicolas Kratzer (1486–1550), que ocupó el cargo de tutor de la familia de Sir Thomas More y más tarde fué astrónomo y horólogo real de Henry VIII y profesor de Oxford. Nos queda de él un retrato, obra de su amigo Holbein (Fig. 3), en la actualidad en

el Louvre. Algunos de los instrumentos de Kratzer que aparecen en ese retrato se pueden ver también en otro cuadro del mismo artista, «Los Embajadores», en la National Gallery de Londres (Fig. 5). En Oxford, Kratzer enseñó la «Doctrina de la Esfera» y construyó complicados cuadrantes; uno de ellos, fabricado para el Cardenal Wolsey, se conserva en el Museo de Historia de la Ciencia de Oxford.

Kratzer debe ser considerado como astrónomo más que como artesano. Si bien pudo haber despertado interés en los instrumentos, hizo muy poco o nada para enseñar a otros a construirlos, lo cual quizás se debió en parte a que nunca logró dominar la lengua inglesa.

El segundo contacto con las escuelas europeas fué más efectivo y se debe a un refugiado protestante de Flandes que desde un pueblecito cercano a Lieja vino a Londres, donde cambió su nombre de Thomas Lambrit a Thomas Gemini (fl. 1524–62). Grabador de oficio, alcanzó una buena reputación grabando las planchas de la edición inglesa (1545) de la «Anatomía» de Vesalius. Gemini parece haber entrado en relación con la familia Arsenius, fabricantes de instrumentos de Lovaina, propietarios de un taller iniciado por su pariente el astrónomo Gemma Frisius y su colaborador Gerard Mercator. Tres notables astrolabios de Gemini, hoy conservados, revelan una ejecución y estilo muy similares a los de los Arsenius; uno de ellos fué construído para Sir John Cheke y se halla en el Observatorio Real de Bélgica, y los otros dos, fabricados para la reina Elizabeth I, se encuentran uno en Oxford y el segundo en el Museo Marítimo Nacional de Greenwich. Además de construir instrumentos, Gemini grabó mapas y publicó libros.

El primer inglés que construyó instrumentos finos fué sin duda alguna Humphrey Cole (1530?–91), oriundo de las provincias del norte, cuyo principal oficio fué el de grabador, ayudante de William Humfrey en la Casa de la Moneda Real. Trabajó también con el impresor William Jugge, y como técnico de la *Mineral and Battery Works*, que estableció firmemente la fundación del latón en Inglaterra. La obra de Cole es en ciertos respectos muy similar a la de Gemini, lo que parece confirmar la suposición de que éste pudo haber sido maestro de Cole, ya que era el único fabricante de instrumentos residente en Londres. También pudo haber sido pariente de Jacob Cole, vecino de Londres y cuñado de Abraham Ortelius, el famoso geógrafo de Amberes. En ese caso, ello significaría un nuevo lazo con los Países Bajos. La cualidad del trabajo de Cole es de primerísimo orden, y la variedad de instrumentos hoy conservados muestra su notable versatilidad. Astrolabios y toda clase de cuadrantes, teodolitos y compases de artilleros, un astrolabio marino, un nocturnal, una esfera armillar, compendiums que contenían casi un observatorio en miniatura (incluso uno construído para Sir Francis Drake y otro para su amigo el impresor Jugge), y el equipo instrumental completo para el primer viaje de Martin Frobisher en busca del paso por el norte del Canadá. Cole era indudablemente un gran maestro pero, por referencias de sus contemporáneos y por sus propias peticiones, sabemos que murió en la pobreza.

Ya durante los años de Cole comenzó a multiplicarse en Londres el número de fabricantes de instrumentos. Un anuncio contemporáneo[1] advierte al lector que «Balanzas, compases y toda clase de instrumentos geométricos de metal pueden adquirirse en la casa de Humfrey Cole, cerca de la puerta norte de San Pablo, y en la casa de John Bull en la puerta de la Lonja; los de madera se venden en la casa de John Reades, en el Callejón de los Calceteros, en la de James Lockerson, y en la de John Reynolds, en la Loma de la Torre. . . . Me ha parecido útil avisar así al lector porque hay muchos que aunque bien quisieran hacer uso de tales ingenios no saben dónde encontrarlos».

Además de esos maestros hay dos cuyos nombres a menudo acompañan al de Cole y cuyo estilo y diseños indican que fueron aprendices de éste o que cuando menos trabajaron con él. Ambos, James Kynfin (fl. 1569–1610) y Charles Whitwell (fl. 1591–1606), construyeron numerosos instrumentos para Sir Robert Dudley (Fig. 2), conservándose todavía cierto número de ellos firmados en Florencia, donde Dudley vivió exilado. Kynfin también construyó un precioso cuadrante de bolsillo para Robert Devereux, Earl de Essex, y en una carta fechada en 1609 se describe como servidor del Principe Henry y dice que ha trabajado durante cuarenta años con ciertas «máquinas de guerra». De Whitwell no sabemos casi nada; sólo conocemos sus instrumentos firmados y el hecho de que su dirección fué usada más tarde por el decano de los fabricantes de instrumentos, Elias Allen (fl. 1606–54), que puede haber sido su sucesor y quizás su aprendiz.

Caso único entre tales artesanos, Allen adquirió la suficiente categoría para que se conservase su

[1] Edward Worsop: *A Discoverie of sundrie errours and faults daily committed by Lande-meaters ignorant of Arithmetike and Geometrie*. Londres, 1582.

FIGURA 1 – *El astrolabio de 60 cm de Humphrey Cole. (Por cortesía de la Sociedad de Anticuarios de Londres.)*

FIGURA 2 – *Cuadrante azimut inventado por Sir Robert Dudley y probablemente construído por Whitwell o Kynfin. Este instrumento es un precursor del cuadrante horizontal doble de William Oughtred. (Por cortesía del British Museum.)*

FIGURA 3 – *Retrato de Nicolas Kratzer por Holbein. (Por cortesía del Louvre, París.)*

FIGURA 4 – *Elias Allen con varios instrumentos. Grabado de Hollar de un retrato (hoy perdido) por H. Van der Borcht. (Por cortesía del Director del Museo de Ciencias, South Kensington, Londres.)*

FIGURA 5 – *Detalle de «Los Embajadores» de Holbein en el que se ve un globo y varios instrumentos de mensuración. (Por cortesía de la National Gallery, Londres.)*

retrato, obra valiosa. Fué pintado por H. Van der Borcht y grabado por Wenceslaus Hollar en 1660, seis años después de la muerte de Allen. Nos muestra a éste (Fig. 4) como hombre corpulento y barbado, de cabello ralo, frente a un banco lleno de instrumentos a medio terminar, con otros colgando de la pared. Había nacido cerca de Tunbridge Wells (Kent), probablemente en la aldea de Ashurst, donde está enterrado; allí se conserva todavía, en el mismo cementerio, un cuadrante por él regalado. Cuando era joven se dedicó a trabajos de agrimensura (por ejemplo en Oxfordshire en 1609), pero le hallamos ya bien establecido en Londres en 1611. A partir de 1630 aparecen con gran frecuencia menciones de su nombre y especímenes de su trabajo firmados y fechados; en 1636 fué elegido Maestro de la Compañía de Relojeros. Su taller, que ostentaba la figura de una herradura «cerca de la Puerta de Essex, contra la Iglesia de San Clemente, en el Strand, fuera del Temple Bar» era conocido y elogiado por los profesionales, escritores y amantes de las ciencias.

Allen era una especie de dirigente oficial en la creciente comunidad de constructores de instrumentos. A él se debe el facsímil del patrón de la yarda hecho en latón que se encuentra en el Guildhall, y a él es a quien menciona Robert Hooke como jefe del «club de los fabricantes de instrumentos», organización de la que, desgraciadamente, nada parece saberse. Los matemáticos, topógrafos, navegantes y diletantes científicos de la época parecen haber encontrado los talleres de los fabricantes de instrumentos — a donde iban para encargar los instrumentos que necesitaban ellos mismos o sus patrones — y las tabernas cercanas, lugares muy convenientes de reunión, donde cambiaban ideas y discutían los últimos descubrimientos. A los constructores les convenía, como es natural, fomentar el interés experimentalista de sus clientes. Hacia 1630 debía de haber unos treinta constructores de instrumentos en Londres, y hacia el final del siglo, el interés en la ciencia había crecido tanto que dicho número aumentó aún más deprisa. El promedio de libros publicados sobre «matemáticas prácticas» pasó de unos dos por año antes de 1650 à casi siete después de esa fecha.

Con tal número de fabricantes se hace imposible trazar todas las sucesiones de maestros y aprendices. En el caso de Elias Allen sabemos que su hijo o sobrino John Allen (fl. 1632–7) trabajó en su taller; además había otro aprendiz, Ralph Greatorex (1625–1712) que, como su maestro fué amigo personal y mantuvo correspondencia con William Oughtred, el matemático y diseñador de numerosos instrumentos. Greatorex trabajó para muchos socios fundadores de la *Royal Society*, inclusive el diarista Samuel Pepys, quien a menudo lo menciona.

Desde Greatorex la línea se extiende a su aprendiz Henry Wynne (fl. 1654–1709), y luego al aprendiz de éste, Thomas Tuttell (fl. 1695–1702), ambos bien conocidos por los bellos ejemplos que se conservan de su trabajo. Pero ahí, después de seis generaciones, se pierde esa rama; sin embargo, para esa época habían surgido otras muchas que sería ocioso procurar enlazar con Gemini o Cole. Lo que nos ofrece esta época no es una tradición muerta que va pasando de maestro a aprendiz, sino una actividad viva, en la que continuamente se están creando nuevos instrumentos y utilizando nuevas técnicas y materiales. Algunos fabricantes comenzaron a construir aparatos ópticos tales como microscopios y telescopios, aunque esos trabajos fueron considerados más tarde prerrogativa de los afiliados a la Compañía de Fabricantes de Anteojos, pues numerosos artesanos habían seguido el ejemplo de Elias Allen e ingresado *en bloc* en la Compañía de Relojeros en 1667.

Hacia el final del siglo 17° se nota un cambio lento y gradual en el estilo y factura de los instrumentos. Los bellos grabados y otros adornos tienden a desaparecer, excepto en los modelos «para regalo», siendo sustituídos por el utilitarismo funcional e impersonal de los modernos instrumentos. La artesanía de los viejos maestros iba cediendo el paso a la industria en gran escala.

BIBLIOGRAFIA

TAYLOR, E. G. R.: «The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England». Cambridge University Press, Londres. 1954.

Los cambios de color en los crustaceos y la neurosecreción

SIR FRANCIS KNOWLES

Los crustáceos muestran cambios de color de ritmo lento y otros, más rápidos, que son respuestas a un cambio de iluminación o del fondo sobre el que reposa el animal. Los movimientos de los cromatóforos que producen esos efectos se hallan al parecer motivados por la neurosecreción de hormonas especiales. En este artículo se reseñan las investigaciones recientes sobre estos problemas.

Todo ser vivo realiza, día y noche, numerosos ajustes de gran delicadeza y precisión a las cambiantes condiciones del medio ambiente. Los cambios de color de los crustáceos nos ofrecen el ejemplo más claro de estos fenómenos. Algunos de esos cambios — lentos, regulares y predecibles — se hallan sincronizados con los movimientos del Sol, de la Luna y de la Tierra, con el alba y el anochecer, con las mareas y las estaciones; otros significan respuestas adaptativas a la iluminación y al fondo sobre el que se encuentra el animal.

En los últimos años, Brown y sus colaboradores han realizado detalladísimas investigaciones en el cangrejo Uca que revelan que el color de conjunto de este animal cambia rítmicamente. El intervalo entre el aclaramiento y el obscurecimiento está regulado por la interacción de dos ritmos: uno el diurno y el otro el de las mareas. Los cangrejos se obscurecen durante el día y se vuelven pálidos por la noche, pero el momento de obscurecimiento máximo en cada individuo está sincronizado con el momento de la marea baja en la playa donde vive el animal; en consecuencia se adelanta cada día según avanza el momento de la marea baja. Ambos ritmos son persistentes y continuarán aun en el caso de que los animales sean llevados al laboratorio y colocados en obscuridad permanente. Parece como si tuviesen en su interior un reloj biológico que muestra la más sorprendente resistencia a los cambios de temperatura. Variándola entre 6° y 26° C no se alteró el ritmo diurno ni el de marea, aunque éstos podían modificarse exponiendo a los animales a períodos de iluminación anormales [1].

Parece probable que estos ritmos en Uca son característicos de todos los crustáceos, pero los más extraordinarios y complejos cambios de color en los crustáceos son aquéllos relacionados con cambios rápidos e irregulares de los colores del fondo y de la iluminación cuando el animal se mueve entre arena, rocas y algas. El estudio de los cambios adaptativos de color que causan que el matiz y los dibujos del animal hermanen con el aspecto del lugar en que se mueve, ha revelado la existencia de un notable sistema neurosecretor de control con numerosas características de interés biológico.

EL COLOR DE LOS CRUSTACEOS

Los colores de los cangrejos, quisquillas y camarones a primera vista parecen apagados cuando se comparan con los brillantes colores de algunos peces y reptiles, pero en el microscopio se observa que el color apagado es el resultado de la relación mutua de pigmentos brillantes de muchos colores, contenidos en cromatóforos delicadamente ramificados (Lámina 1). Los movimientos independientes de esos pigmentos dan como resultado la semejanza estrecha entre el color del cuerpo del animal y el fondo sobre el cual puede hallarse.

Aunque los diferentes estados de un cromatóforo se describen como «expansión» o «contracción», se acepta generalmente que las delicadas prolongaciones de un cromatóforo están emplazadas en la hipodermis y que los cambios de color están producidos por el desplazamento de los gránulos de pigmento a lo largo de recorridos fijos, posiblemente por las corrientes del citoplasma. Muchos cromatóforos tienen estructura sincicial y contienen más de un pigmento.

Los colores y diseños de los crustáceos son muy diversos y en cada especie la organización del cromatóforo es notablemente constante; muchos tipos diferentes de cromatóforos, cada uno con una distribución específica, presentan un diseño definido. Por ejemplo, en el camarón común, *Leander serratus*, el cual ha sido empleado en muchos trabajos experimentales sobre el color de los crustáceos,

el diseño se debe en gran parte a grandes cromatóforos rojo-amarillentos, dispuestos en bandas, y a cromatóforos rojo-blancos que reflejan la luz, los cuales están distribuídos escasa pero regularmente y son muy perceptibles cuando el camarón se encuentra sobre un fondo obscuro. El resto del cuerpo está cubierto por cromatóforos rojo-amarillentos relativamente pequeños. Los cromatóforos rojos, amarillentos y blancos se encuentran también en las patas, en el telson y en los urópodos, pero estos cromatóforos periféricos no siempre cambian con el ritmo de los del cuerpo; aunque se parecen mucho a éstos, es evidente que son fisiológicamente diferentes.

Si se colocan los camarones sobre un plato blanco y se iluminan desde arriba, los cromatóforos blancos se expansionan, mientras que todos los cromatóforos obscuros se contraen. Por el contrario, sobre un fondo negro iluminado, los cromatóforos obscuros se expansionan, pero los blancos se contraen. En su ambiente natural, sin embargo, los camarones rara vez encuentran tan intensa iluminación o fondos monocromáticos como los existentes en las experiencias de laboratorio. Los camarones recogidos de una draga que los ha traído a la superficie, si son examinados enseguida, revelan todas las variaciones posibles en el grado de dispersión de los diferentes pigmentos de los cromatóforos. Un sistema tan intrincado debe evidentemente tener un complicado mecanismo de control; durante muchos años se supuso un control nervioso, aunque la investigación más minuciosa en busca de terminaciones nerviosas en los cromatóforos no produjo resultado alguno.

DESCUBRIMIENTO DE LA GLANDULA SINUSAL

La endocrinología de los crustáceos puede decirse que empezó con la demostración independientemente por Perkins y Koller, trabajando con las quisquillas Palaemonetes y Crangon de que la interrupción del suministro de sangre a los cromatóforos producía una inmovilidad inmediata de los pigmentos, pero que la sección transversal del nervio próximo no producía efecto [2, 3]. Los cromatóforos en zonas no inervadas siguen cambiando cuando varían la iluminación o el color del fondo. En su búsqueda de una sustancia de origen sanguíneo que influyera en los movimientos de los pigmentos, hallaron que extirpando los ojos y sus pedúnculos las quisquillas se obscurecían, con los pigmentos rojos dispersos; el color normal pálido podía restablecerse si se inyectaban extractos del pedúnculo ocular en agua de mar a los animales sin ojos. Algunos años después, Hanström [4] demostró que la fuente más potente de sustancias activadoras de los pigmentos en el pedúnculo ocular era una pequeña estructura discoidal ricamente inervada que él había previamente descrito y denominado glándula sanguínea o glándula sinusal por su proximidad a un seno sanguíneo. Durante muchos años después del descubrimiento, los investigadores trabajaron con afán para determinar la estructura de la glándula sinusal, pero, sorprendentemente, se realizaron pocos progresos. No parecía ser celular, aunque se han observado células dispersas en las glándulas sinusales de ciertas especies [5]. No se hallaron conductos claros, aunque a veces se observaron líneas con apariencia de finos canales. Todos los investigadores coincidieron en que la estructura era muy sencilla, lo cual resultó ser muy notable cuando estudios posteriores demostraron que las glándulas sinusales parecían intervenir en el control de muchas actividades, entre ellas los movimientos de dos pigmentos retinianos, las mudas, el crecimiento y maduración de los huevos y el nivel del azúcar en la sangre. Parecía pertinente preguntarse: ¿ produce la glándula sinusal todas las sustancias que en ella se han hallado o son éstas elaboradas en otro lugar y almacenadas en la glándula sinusal ?

LAS HORMONAS EN EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Mientras que las investigaciones de Hanström iban estableciendo que la glándula sinusal era fuente potente de hormona activadora de pigmento, se puso en claro que dichas hormonas eran también producidas en otros sitios. En 1933, Brown [6] halló que los extractos del sistema nervioso central contenían activadores de pigmentos. En 1939, Knowles [7] demostró que un activador de pigmento blanco podía ser extraído de la región torácica del sistema nervioso central aun cuando los pedúnculos oculares con sus glándulas sinusales hubieran sido extirpados con tres a cuatro semanas de anticipación. La posterior búsqueda de sustancias activadoras de pigmentos ha sido descrita por Brown [8]. Los intentos para localizar el centro activador de los pigmentos en el sistema nervioso reveló que la mayor actividad reside en una comisura transversa, la comisura tritocerebral, llamada así por su estrecha relación filogenética con el cerebro. Un estudio más detenido de esta región reveló que la mayor actividad no residía en la comisura misma sino en dos nervios que parten de la comisura y terminan

en los músculos inmediatos [9, 10]. En el camarón Penaeus cada nervio se ensancha antes de llegar al músculo, formando una placa plana situada al lado de un seno sanguíneo; los extractos de esta placa poseían extraordinaria potencia como activadores de los pigmentos. Cada placa contenía un entramado de finas terminaciones nerviosas, las cuales aparentemente no inervaban a ningún órgano terminal. Parecía razonable sugerir que estuvieran relacionadas con la liberación de las hormonas activadoras de los pigmentos, las cuales eran vertidas a los senos sanguíneos, y que podían contener estas sustancias y también controlar su liberación. Esta, la primera demostración fisiológica y anatómica combinada de un sistema neurohumoral en los crustáceos fué pronto seguida de trabajos paralelos sobre la glándula sinusal y otros órganos.

Muchos investigadores, estudiando una hormona inhibidora de las mudas en los crustáceos, habían comunicado que la extirpación de los pedúnculos oculares aceleraba los cambios de muda, pero que la extirpación de las glándulas sinusales solas no producía tal efecto. En 1951, apareciaron cierto número de trabajos, indicando todos que algunas de las hormonas de la glándula sinusal no eran producidas en dicho cuerpo sino en un racimo de células previamente denominadas órgano-X, y que las sustancias elaboradas en las células del órgano-X pasaban a lo largo de las fibras axónicas a la glándula sinusal. Enami [11] y más tarde Bliss y Welsh [12] demostraron que la glándula sinusal de ciertos cangrejos era en realidad, si acaso, poco más que las terminaciones ensanchadas de las fibras nerviosas que se originaban en los cuerpos celulares del órgano-X, y que el complejo de la glándula sinusal y del órgano-X constituía un sistema neurosecretor con cierto parecido al sistema hipotálamo-pituitario en los cordados. Con este descubrimiento comenzó una nueva era en la endocrinología de los crustáceos, y actualmente gran número de trabajos se orientan hacia el esclarecimiento del muy complejo sistema neurosecretor que indudablemente existe en los crustáceos.

Alexandrowicz ha descrito cierto número de entramados de terminaciones nerviosas de aspecto neurófilo en íntima proximidad a los senos sanguíneos, y ha demostrado que algunos de éstos contienen sustancias fisiológicamente activas que afectan el ritmo cardíaco [13, 14]. Actualmente, sin embargo, las únicas estructuras conocidas que liberan hormonas activadoras de pigmentos son las glándulas sinusales y los órganos post-comisurales, y los efectos de las inyecciones de extractos totales de estos órganos sugieren que las sustancias que contienen difieren significativamente. La inyección del extracto de la glándula sinusal en un camarón sin ojos va seguida de una concentración de los pequeños cromatóforos rojos del cuerpo y de la cola. Los cromatóforos rojos grandes resultan también concentrados, aunque en menor grado, pero en general los cromatóforos blancos no son afectados. Por otra parte, la inyección de extracto de los órganos post-comisurales provoca una máxima concentración de los cromatóforos grandes, una menor o nula concentración de los cromatóforos rojos pequeños, una concentración de los blancos, y una máxima dispersión de los pigmentos rojos en los cromatóforos de la cola. Las diferencias en los efectos de las inyecciones de estos extractos son muy sorprendentes (Lámina II).

EL NUMERO DE HORMONAS CROMOACTIVADORAS

La comparación de los efectos al inyectar extractos de glándula sinusal y extractos de órganos post-comisurales sugiere que pueden existir muchas hormonas, y las experiencias de Brown y Klotz [15] han demostrado que por extracción mediante el alcohol podían separarse casi completamente dos sustancias de la comisura de Crago. Una, soluble en alcohol, concentraba los cromatóforos del cuerpo, pero no afectaba a los de la cola. La otra, insoluble en el alcohol, obscurecía el cuerpo y la cola. Estos y otros experimentos dieron motivo para creer que más de una hormona afecta a los movimientos de los pigmentos de los crustáceos y que algunas sustancias dispersan los pigmentos de los cromatóforos y otras los concentran. Esta noción de la acción humoral ha quedado corroborada por recientes experiencias de separación utilizando los métodos de cromatografía en papel y de electroforesis en papel, de las cuales el autor y sus colaboradores se ocupan en la actualidad [16].

En una experiencia típica de electroforesis en papel, las glándulas sinusales y los órganos post-comisurales fueron extraídos con agua y la disolución resultante fué colocada en el centro de una tira de papel. Después de la electroforesis se desecó el papel, que luego se cortó en cierto número de secciones; cada porción fué extraída con agua de mar y el extracto fué inyectado a animales privados de sus ojos. Los cambios de color resultantes daban una indicación de la presencia de hormonas activadoras de los pigmentos en varios puntos a lo largo de las tiras de

papel y mostraron que era posible la separación de las diferentes sustancias con efectos específicos (Fig. 18). Por ejemplo, los extractos de los órganos post-comisurales han producido, sometidos a electroforesis a un *p*H de 7,8: 1°, una sustancia electropositiva «A» que concentraba todos los pigmentos cromatofóricos; 2°, una sustancia electronegativa «B» que concentraba los pigmentos blancos y los pigmentos rojos y amarillos de los grandes cromatóforos rojos pero que expansionaba otros cromatóforos del cuerpo y de la cola; 3°, otras sustancias de mayor movilidad, cada una de ellas específica para un tipo de pigmento. La sustancia «B» parecía ser antagónica a la «A», y los extractos totales de los órganos post-comisurales tenían un efecto predominantemente «A» o «B».

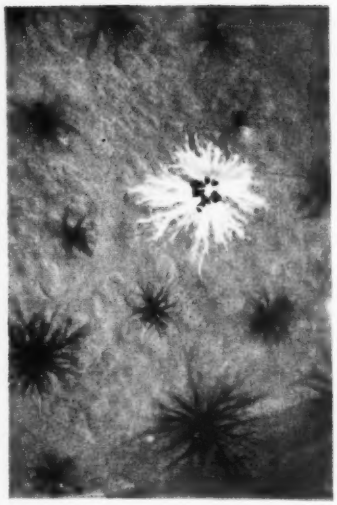
No es de ningún modo cierto que todas las sustancias que hemos separado por electroforesis sean hormonas funcionales normalmente presentes en la corriente sanguínea. En efecto, algunas pruebas sugieren que los métodos crudos de extracción adoptados por investigadores anteriores pueden haber incluído en la disolución sustancias presentes en los órganos neurosecretores, las cuales al ser inyectadas ejercieron efecto sobre los movimientos de los pigmentos, pero dichas sustancias en condiciones normales podrían no haber sido liberadas en el torrente sanguíneo. Por ejemplo, hemos hallado que los extractos de la glándula sinusal y de los órganos post-comisurales de los crustáceos y del cuerpo cardíaco de los insectos contienen la sustancia «A» activa para más de un pigmento, la cual es sin duda de relativamente elevado peso molecular. Los extractos de órganos ensayados contienen una gran cantidad de esa sustancia, y es tentador considerarla como hormona funcional activadora de pigmento. Sin embargo, si colocamos los órganos post-comisurales en agua y los estimulamos eléctricamente no hallaremos después esta sustancia en el agua, aunque están presentes otras sustancias activadoras de pigmentos. Las sustancias «A» y «B», no pasan a través de una membrana de celofán, por la cual pasarán otras sustancias activadoras de pigmentos presentes en los extractos totales (Figs. 19, 21 y 22). Nuestros métodos de electroforesis han revelado también a cierta distancia del punto de aplicación sobre la tira de papel, sustancias móviles, cada una de las cuales afecta a un solo pigmento, y parece posible que estas sean en realidad las hormonas activas sanguíneas y que las sustancias menos móviles con efectos múltiples sobre el sistema de cromatóforos, puedan ser precursores.

La posibilidad de que las sustancias precursoras se hallen presentes en los cuerpos celulares de un sistema neurosecretor ha sido también estudiada en los crustáceos por otro método. Hanström, durante sus clásicos estudios sobre la glándula sinusal, eliminó el órgano-X como fuente potente de hormonas activadoras de pigmentos, ya que los extractos de la porción del pedúnculo ocular sobre la cual se apoya poseían solamente ligera potencia pigmento-activadora. Sin embargo, la glándula sinusal, tan rica en pigmento-activadores, es principalmente el extremo ensanchado de fibras que se originan en el órgano-X, por lo cual es sorprendente que los extractos del órgano-X tuvieran tan poco efecto. En realidad, los extractos frescos del órgano-X solo no poseen ningún efecto, pero si dichos extractos se hierven primero o se tratan con alcohol y se inyectan se consigue un efecto muy marcado (Figura 20). Es posible que se hallen presentes en el órgano-X en forma combinada sustancias activadoras de pigmentos, quizás ligadas a ciertas sustancias y por ende inactivadas, y que la ebullición pueda romper la ligadura y liberar la molécula activa. Tal noción estaría de acuerdo con las diferentes reacciones de tinción de gotitas halladas en los cuerpos celulares del órgano-X, a lo largo de las fibras axónicas, y en las terminaciones de las fibras ensanchadas en la glándula sinusal. Quizás no sea prematuro preguntarnos si las hormonas activadoras de los pigmentos pueden ser almacenadas en forma inactiva en los cuerpos celulares de las fibras neurosecretoras. Más tarde pueden convertirse en una forma que puede provocar movimientos de los pigmentos si es introducida artificialmente en la corriente sanguínea, aunque normalmente no pasa a ella. Finalmente, una acción enzimática puede fracturar tal pro-hormona en sustancias activas de bajo peso molecular, cada una de ellas con efectos específicos sobre determinados pigmentos. Este concepto concuerda con el estado actual de nuestros conocimientos.

CONCLUSIONES GENERALES

Las experiencias de electroforesis y diálisis referidas anteriormente muestran que pueden hallarse presentes hormonas antagonistas en sistemas neurosecretores. Los órganos post-comisurales parecen contener ambas hormonas: las que aclaran y las que obscurecen el cuerpo, las cuales pueden ser separadas por medios físicos. En la glándula sinusal de Leander parece probable que se produzca una separación anatómica de diferentes hormonas pigmento-activadoras, ya que en Leander la glándula sinusal está formada por tres

LAMINA I



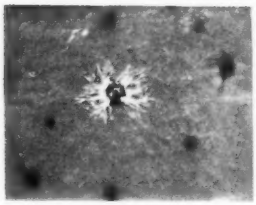


FIG. 1 (*izquierda*) – *Grupo de cromatóforos expansionados (rojos grandes, rojos pequeños y blancos).* (× 50)

FIG. 2 (*arriba*) – *Algunos de los cromatóforos presentados en la Fig.* 1, *después de alguna concentración de los pigmentos.* (× 50)

FIG. 3 (*derecha*) – *Vista dorsal del cefalotorax de* Leander serratus, *mostrando los tres tipos de cromatóforos de la Fig.* 1. (× 4)

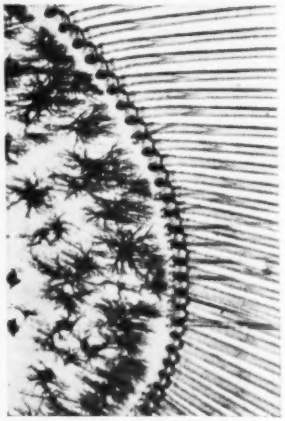


FIG. 4 – *Borde de uno de los urópodos mostrando todos los pigmentos medianamente dispersados (cf. Fig.* 12). (× 25)

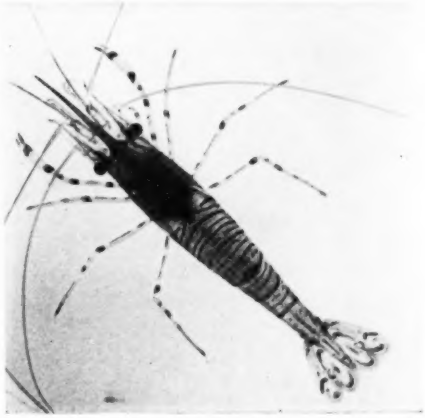


FIG. 5 – *Camarón común de Europa* (Leander serratus) *colocado recientemente sobre un fondo obscuro. Los pigmentos obscuros están expansionados moderadamente, aunque no al máximo. (Tamaño natural)*

FIG. 6 – *Borde de un urópodo. Los pigmentos están dispersos en los cromatóforos periféricos y concentrados en las demás partes.* (× 50)

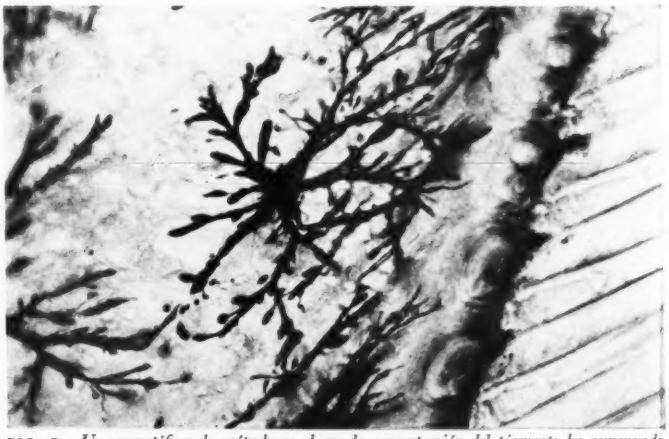


FIG. 7 – *Un cromatóforo de urópodo en el que la concentración del pigmento ha comenzado recientemente. El pigmento se ha retirado de las cromatorrizas más finas, que por lo tanto no son visibles.* (× 200)

LAMINA II

FIG. 8 – *Un individuo sin ojos al que se le ha inyectado extracto de glándula sinusal (una glándula en 0,05 c.c. de agua de mar).*

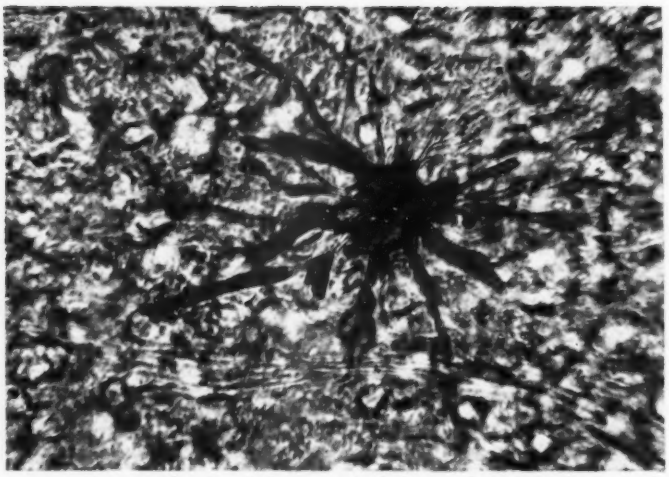


FIG. 9 – *Un cromatóforo de urópodo de un animal al que se le ha inyectado extracto de glándula sinusal. Los pigmentos se concentran intensamente y el pigmento rojo se ha transformado en uno azul que ha dejado al cromatóforo y ha ocasionado el azuleamiento de la cola.* (× 300)

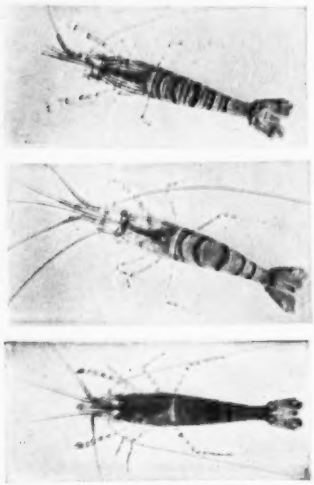


FIG. 10 – *Efectos de extractos de órganos post-comisurales.* (a) *agua de mar (control);* (b) *extracto de órgano de Squilla;* (c) *extracto de órgano de Leander. Ambos extractos concentraron a los cromatóforos grandes rojos y blancos: el extracto de Leander también dispersó a los cromatóforos de la cola.*

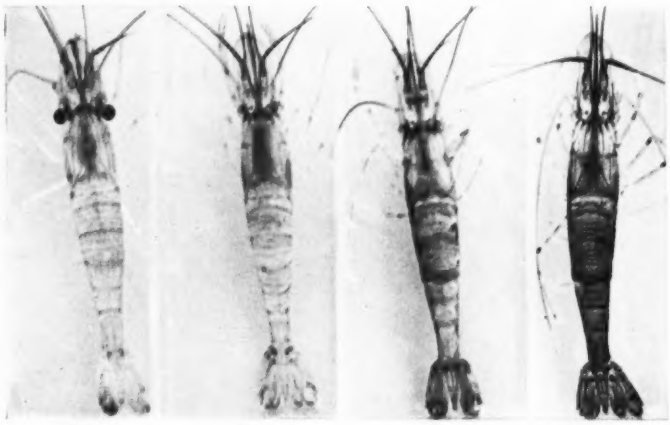


FIG. 11 – *Comparación entre los efectos de extractos de glándula sinusal y de órgano post-comisural.* (a) *Animal inyectado con 0,05 c.c. de agua de mar;* (b) *inyectado con extracto de dos glándulas sinusales en 0,05 c.c. agua de mar;* (c) *inyectado con extracto similar de dos órganos post-comisurales;* (d) *inyectado con 0,05 c.c. de agua de mar. Los animales sin ojos fueron privados de los mismos cuatro semanas antes de la inyección.*

FIG. 12 – *Porción de la cola del animal de 10(c), que revela la dispersión máxima de los pigmentos de la cola. Compárese con las figuras 4, 6 y 7.* (× 20)

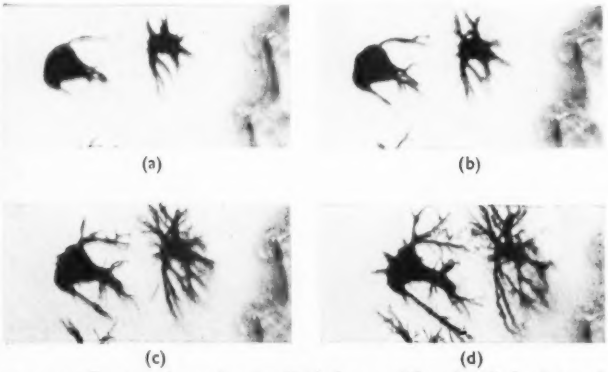


FIG. 13 – *Fases sucesivas en la expansión de dos cromatóforos de urópodo.* (× 100)

LAMINA III

FIG. 14 – *El ojo izquierdo y el pedúnculo ocular de* Leander serratus *visto desde arriba pocos minutos después de su extirpación. Para identificar las estructuras visibles consúltese la Fig.* 23. *Hay algunas pruebas de que la disposición y forma de las estructuras nerviosa y neurosecretora del pedúnculo ocular difieren ligeramente en las formas mediterránea y británica de esa especie; este espécimen fué apresado en Nápoles.* (× 30)

FIG. 15 – *Sección transversal a través de la placa post-comisural de* Penaeus brasiliensis, *mostrando que aquélla se encuentra a lo largo de un seno sanguíneo, a cuya pared está unida, y que contiene estructuras que se tiñen con azo-carmín.* (× 150)

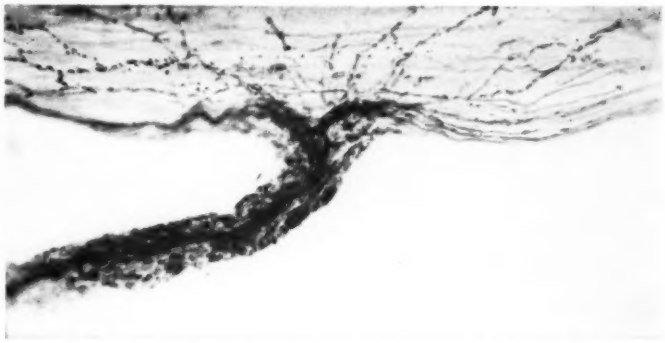


FIG. 16 – *Una preparación con azul de metileno de una porción de la comisura y de la base de un órgano post-comisural de* Leander serratus. *Son visibles las fibras neurosecretoras finas y gotitas en el epineurium.* (× 70)

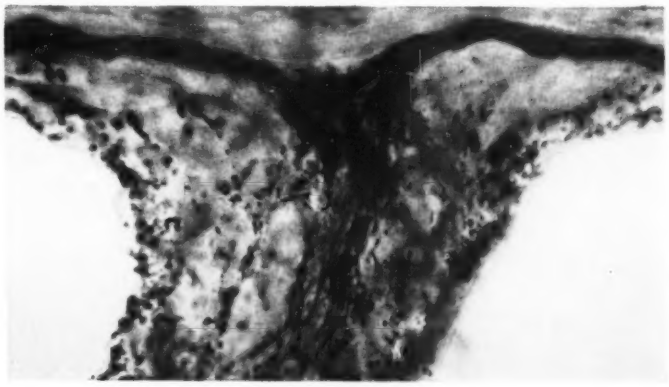
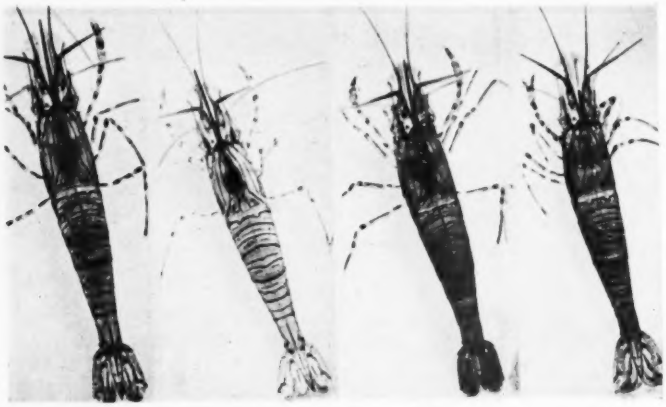


FIG. 17 (*derecha*) – *Vista más aumentada de una porción de la región mostrada en la Fig.* 16. *Pueden verse gotitas periféricas y un haz central de fibras neurosecretoras.* (× 350)

Experiencias de electroforesis. 3 *mA.* 16 *horas a* pH 7,49

− 5	− 4	− 3	− 2	− 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
Sustancia que concentra los pequeños cromatóforos rojos	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Sustancia que concentra los pigmentos	Sustancia que causa dispersión de los pigmentos	Sin efecto	Sustancia que concentra los pequeños cromatóforos rojos	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto



−2 **−1** **0** **+1**

FIG. 18 – *Separación por electroforesis de sustancias activadoras de pigmentos de un extracto que contiene 10 órganos post-comisurales. Una sustancia que dispersaba los cromatóforos del cuerpo y de la cola permaneció cerca del sitio donde se aplicó, ligeramente desplazada hacia el ánodo, pero una sustancia que concentraba el pigmento y que afectaba a los cromatóforos rojos grandes, rojos pequeños y blancos se desplazó 2–3 cm en la dirección del cátodo. También se hallaron otras sustancias más móviles que afectaban solamente a pigmentos únicos.*

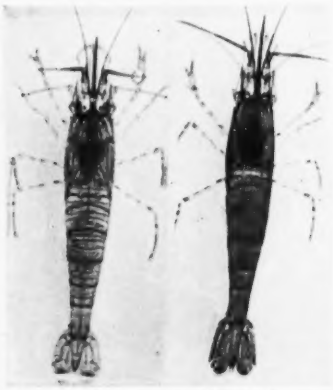


FIG. 19 – *Separación por diálisis: el animal de la izquierda recibió previamente media hora antes la fracción de un extracto post-comisural que había atravesado una membrana de celofán. El animal de la derecha recibió la fracción que no atravesó dicha membrana.*

(a) **(b)** **(c)** **(d)**

FIG. 20 – *Activación de los extractos del órgano-X.* (a) *Animal inyectado con extracto de órgano-X;* (b) *animal inyectado con un extracto hervido de órgano-X;* (c) *animal inyectado con extracto no tratado de órgano-X;* (d) *animal inyectado con extracto de órgano-X tratado con alcohol.*

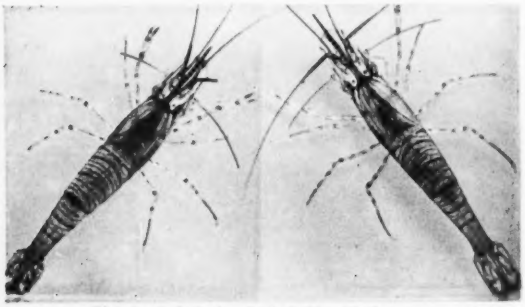


FIG. 21 – *El animal de la izquierda había sido inyectado previamente 30 minutos antes con la fracción de un extracto de glándula sinusal que había pasado a través de una membrana de celofán. El animal de la derecha recibió la fracción que no atravesó dicha membrana.*

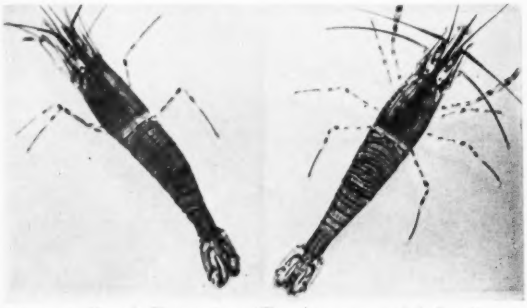


FIG. 22 – *Como la Fig. 21, pero utilizando un extracto de la fracción − 1 (ver Fig. 18) después de la electroforesis de un extracto de glándula sinusal. Esta sustancia no atravesó la membrana de celofán.*

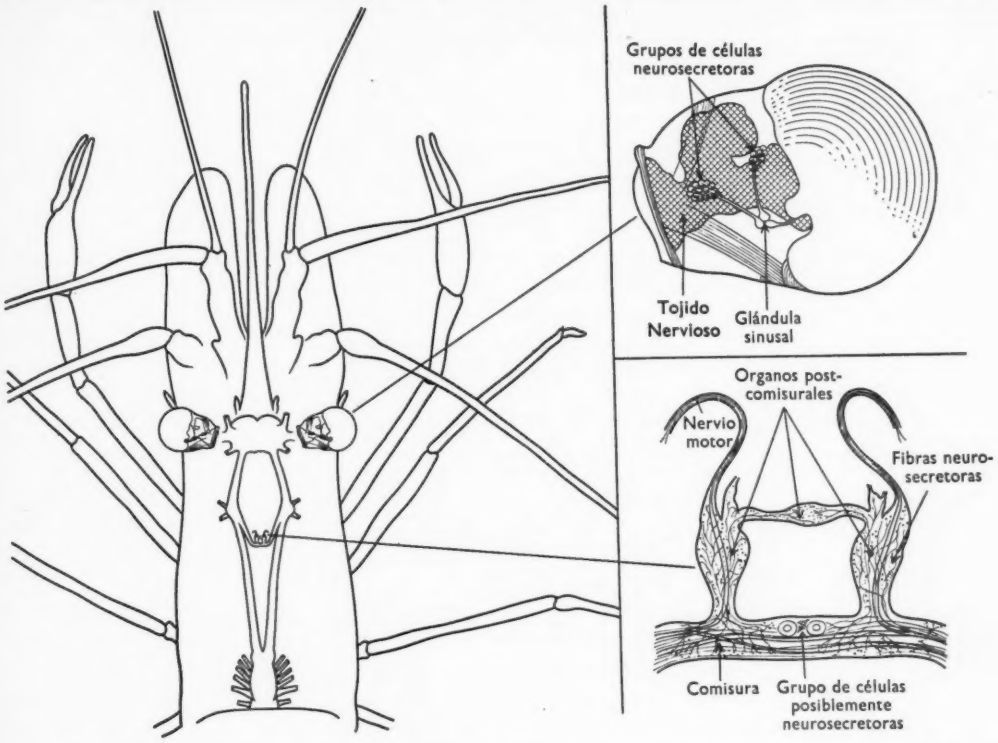


FIG. 23 – *Posición y aspecto general de los sistemas neurosecretores a los cuales se hace referencia en el texto (comparar con la Lámina III). La disposición de las fibras neurosecretoras dada se puede aplicar solamente a* Leander serratus *y difiere en otros géneros. Los dos grupos de células neurosecretoras en el pedúnculo ocular han sido descritos variadamente en la literatura como órganos-X; el grupo proximal es el denominado en el presente artículo órgano-X.*

partes diferentes, cada una de las cuales es el término de determinadas y distintas fibras nerviosas, y es posible separar estas porciones y obtener de ellas extractos por separado. La porción que recibe fibras desde el órgano-X parece contener una sustancia que concentra los pigmentos de los cromatóforos blancos, pero lo restante de la glándula sinusal parece contener un dispersor del pigmento blanco. Si es así, es probable que las diferentes fibras neurosecretoras que llegan a la glándula sinusal transporten diferentes sustancias. Esto plantea un interesante problema: ¿ cómo se realiza la liberación controlada de las sustancias específicas de los órganos neuro-hemáticos? Bliss y Welsh han avanzado la teoría de que las células neurosecretoras pueden asemejarse a las neuronas eferentes en lo que respecta a que ellas causan la liberación de sus propios productos de la misma forma que una neurona eferente controla la liberación de la acetilcolina que contiene. Sin embargo, tan interesante teoría no ha recibido aún comprobación experimental, aunque la aparente ausencia de inervación de la glándula sinusal, excepto por fibras neurosecretoras, hace razonable dicha sugestión. Si las fibras neurosecretoras también actúan como fibras nerviosas, en tanto que transportan impulsos para activar la liberación de las sustancias que contienen, entonces la semejanza entre células neurosecretoras y neuronas típicas es muy estrecha.

Nos enfrentamos por lo tanto con la dificultad de dar una definición precisa de la «neurosecreción», palabra empleada por diferentes autores con más de un significado. De una parte tenemos la definición histológica usada por Scharrer [18]; él ha sostenido que el término debería emplearse únicamente cuando pueda ser visiblemente demostrada por técnicas de tinción apropiadas la secreción activa por las células nerviosas. Por otra parte, Alexandrowicz por inferencia, ha considerado ciertas fibras que parecen ser eferentes, aunque aparentemente no inervan a ningún órgano terminal, como neurosecretoras. Es probable que sea aún demasiado pronto para intentar una definición

final de «neurosecreción», pero aquí se ha empleado como un término conveniente para describir la producción y liberación de sustancias hormonales de origen sanguíneo por el sistema nervioso central.

Tal mecanismo de control es una combinación de actividades nerviosas y hormonales y es por lo tanto pertinente buscar las posibles ventajas de un proceso neurosecretor sobre las de un sistema de control por procesos puramente nerviosos u hormonales. Es inevitable una pérdida de velocidad en la reacción cuando los cromatóforos son activados por sustancias de origen sanguíneo en vez de serlo por inervación directa como en los cefalópodos, peces teleósteos y reptiles, siendo lógico esperar que algunas ventajas del control neurosecretor puedan contrabalancear este sacrificio en velocidad.

La sencillez en la forma anatómica parece ser una ventaja de la neurosecreción sobre el control nervioso directo. Nosotros hemos visto que se producen en los crustáceos muy complicadas modificaciones de color y aspecto mediante un sistema de estructura relativamente sencilla aunque acaso bioquímicamente complejo. El control nervioso de combinaciones de color tan complicadas exigiría un complejo sistema de fibras; sin embargo, el número relativamente bajo de fibras en los órganos neurosecretores es a todas luces suficiente para seleccionar y liberar las hormonas adecuadas para activar separadamente los numerosos pigmentos.

El control nervioso y el hormonal tienen sus especiales ventajas y limitaciones respectivas. La transmisión nerviosa es un mecanismo adecuado para producir cambios localizados e inmediatos, tales como los movimientos musculares, los cuales deben ser rápidos, pero en general no necesitan ser mantenidos por largo tiempo. Por otra parte, los procesos de crecimiento y de desarrollo necesitan una amplia coordinación de cambios químicos que no necesitan ser instantáneos pero que con frecuencia deben ser mantenidos por un tiempo considerable, lo cual es eficazmente regulado por el sistema endocrino. Para la producción de cambios que deben ser rápidos, aunque también sostenidos, es posible que el ideal fuera un control nervioso y hormonal combinado. La acumulación de hormonas en un complejo neurosecretor permite un estímulo lento y prolongado de los órganos, sin fatiga del sistema activador; además el mecanismo es suficientemente lábil para permitir alteraciones súbitas en la intensidad o dirección de la liberación de hormonas. En este respecto, el control neurosecretor es particularmente adecuado para los rápidos movimientos de adaptación superimpuestos a los cambios rítmicos lentos y prolongados que son característicos de los cambios de color en los crustáceos.

Las fotografías que ilustran este artículo fueron tomadas por medio de aparatos suministrados por la *Nuffield Foundation*, a la que el autor desea expresar su sincera gratitud.

REFERENCIAS

[1] Brown, F. A., Jr. *Sci. Amer.*, **190**, 34, 1954.
[2] Perkins, E. B. *J. exp. Zool.*, **50**, 71, 1928.
[3] Koller, G. *Z. vergl. Physiol.*, **8**, 601, 1928.
[4] Hanström, B. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.*, **21**, 584, 1935.
[5] Gabe, M. *Année Biol.*, **30**, 5, 1954 (y comunicación personal).
[6] Brown, F. A., Jr. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.*, **19**, 327, 1933.
[7] Knowles, F. G. W. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, **17**, 174, 1939.
[8] Brown, F. A., Jr. *Quart. Rev. Biol.*, **19**, 118, 1944.
[9] Knowles, F. G. W. *Nature, Lond.*, **167**, 564, 1951.
[10] *Idem. Proc. roy. Soc.*, **141**, 248, 1953.
[11] Enami, M. *Biol. Bull., Wood's Hole*, **101**, 241, 1951.
[12] Bliss, D. E. y Welsh, J. H. *Ibid.*, **103**, 157, 1952.
[13] Alexandrowicz, J. S. *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, **31**, 563, 1952–53.
[14] Alexandrowicz, J. S. y Carlisle, D. B. *Ibid.* **32**, 175, 1953.
[15] Brown, F. A., Jr., y Klotz, I. M. *Proc. Soc. exp. Biol. Med. N.Y.*, **64**, 310, 1947.
[16] Carlisle, D. B., Dupont-Raabe, M., y Knowles, F. G. W. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **240**, 665, 1955.
[17] Irvine, G. W., Jr., y du Vigneaud, V. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **43**, 273, 1943.
[18] Scharrer, E. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, **24**, Suppl. 1954.

Revista de libros

BIOGRAFIA

Obituary Notices of Fellows of the Royal Society, Vol. IX. 264 págs. The Royal Society, Londres. 1954. 30s.

En una reciente revista en esta sección, Sir Henry Dale hizo referencia al valor potencial que para los futuros historiadores han de tener los recuerdos íntimos de los personajes que es posible retengan en valoraciones futuras la importancia que hoy les atribuimos. Entre tales datos han de destacar para la posteridad los obituarios de los miembros de la *Royal Society*, que ahora se publican en volúmenes separados. Meticulosamente preparados a base de toda fuente de información posible, esos artículos serán valiosísimos en el futuro, cuando tanto los documentos como la memoria viva no existan ya; pero, además, por encima de su fin inmediato de ofrecer tributo a los grandes científicos cuando cesa su labor, tienen un valor presente al ofrecernos numerosos elementos que ya han adquirido interés histórico, pues es natural que la mayor parte del trabajo original de un investigador sea obra de sus años de juventud. Muchos de estos obituarios contienen también relatos claros y concisos de descubrimientos y presentaciones de teorías que fueron revolucionarias en su día y que hoy han ganado general aceptación. Tomemos un ejemplo al azar: en el presente volumen, el obituario de N. V. Sidgwick, redactado por Sir Henry Tizard, contiene, aparte de una gran riqueza de datos personales, un estudio del máximo interés referente al desarrollo de la teoría electrónica de la valencia.

La importancia de estos volúmenes — de tan excelente presentación — como obras de referencia debiera conseguir un reconocimiento mucho más general que el que obtienen en la actualidad. TREVOR I. WILLIAMS

BIOLOGIA

WHITE, M. J. D.: *Animal Cytology and Evolution* (2ª edición). XIV + 454 págs. Cambridge University Press, Londres. 1954. 45s.

La primera edición de esta obra apareció en 1945, siendo inmediatamente reconocida como el mejor estudio de la estructura y comportamiento de los cromosomas aparecido en inglés desde el trabajo de Darlington, *Recent Advances in Cytology* (1937). Esta edición es en realidad casi una nueva redacción de la anterior. El tema principal de la misma es la relación entre el número y la estructura de los cromosomas y los procesos evolutivos; sin embargo, el libro cubre un terreno más extenso y equivale a una introducción general a los estudios — en rápido desarrollo — de la naturaleza bioquímica de los cromosomas y el tratamiento de los procesos de división mitótica y meiótica.

Característica valiosa del estudio del Dr. White es la variedad de las pruebas que presenta. En los últimos años, nuestros conocimientos sobre los cambios evolutivos ocurridos en los cromosomas de *Drosophila* han alcanzado notable profundidad y precisión; en esta obra, el autor nos ofrece no sólo un estudio completo de las clásicas investigaciones de Dobzhansky y sus colaboradores, sino también de las más recientes y quizás menos conocidas del grupo que trabaja en Texas bajo la dirección de Patterson y Stone. Pero la drosófila no es la única *vedette* en estas cuestiones: los extensos e importantes trabajos del propio White sobre el polimorfismo cromosómico de los saltamontes americanos aportan datos muy valiosos de otro grupo de organismos y amplian nuestras nociones sobre los tipos de cambio producidos por la evolución. White incluye asimismo un cuadro de conjunto notablemente completo de los estudios sobre la citología evolutiva de todos los grupos del reino animal. Esta obra es de gran valor no sólo como libro de referencia sino también como exposición clara y casi siempre plausible del significado que debe atribuirse a las diversas observaciones. C. H. WADDINGTON

BOTANICA

LOOMIS, W. E. (Compilador): *Growth and Differentiation in Plants*. VIII + 458 págs. Iowa State College Press, Ames. 1953. 60s.

Esta es la segunda de las monografías patrocinadas por la *American Society of Plant Physiologists*, que se propone presentar estos estudios a un círculo de lectores que, aunque técnicos, no son especialistas. Por lo tanto, las distintas secciones incluyen datos antiguos y recientes, reseñan teorías y aun se aventuran a predecir su inmediato desarrollo. El terreno cubierto por los 18 artículos de este volumen es muy amplio y se extiende desde el alargamiento de una fibra de algodón hasta los campos bio-eléctricos, la morfogénesis y el crecimiento patológico. Algunos capítulos, especialmente el destinado a las curvas de crecimiento, son de un nivel muy elemental, otros presuponen en el lector conocimientos mucho mayores; estas variaciones son lógicas en una obra en la que colaboran 22 autores.

El estudio del crecimiento vegetal se encuentra aún en su fase descriptiva, como puede apreciarse leyendo el capítulo sobre la «matemática elemental» de dicho proceso, en el cual, por determinada razón, la multiplicación — aproximadamente exponencial — de las células en las plantas jóvenes se llama «crecimiento logarítmico». En su mayor parte, es posible describir los hechos conocidos y las teorías más importantes en un lenguaje simple, lo que los autores han conseguido admirablemente. W. O. JAMES

CIENCIA GENERAL

BERNAL, J. D.: *Science in History*. XXIV + 967 págs. C. A. Watts and Company Limited, Londres. 1954. 42s.

El propósito de este libro es describir e interpretar las relaciones existentes entre el desarrollo de la ciencia y otros aspectos de la historia humana. La labor que se ha propuesto el Profesor Bernal es muy grande, tan grande que uno puede preguntarse hasta que punto es posible llevarla a cabo con provecho. Para ello sería necesario que el autor conociese toda la ciencia y toda la historia: y no sólo todos los acontecimientos históricos, sino la cambiante actitud del hombre hacia su mundo. Al afirmar que el Profesor Bernal no sabe todo eso no le criticamos; pero es evidente que las limitaciones de las facultades humanas han exigido que en su obra haga uso, no de los hechos reales de la historia y de la ciencia, sino de generalizaciones obra de otros escritores, las cuales son a veces discutibles. Como en una obra de este tipo es necesario omitir los argumentos en pro o en contra de determinadas interpretaciones, nos vemos obligados a confiar grandemente en el juicio del autor respecto a dichas controversias, y en su criterio para seleccionar las generalizaciones sobre las que ha de basar sus argumentos. Sin embargo, no puede decirse que el Profesor Bernal sea un investigador imparcial: parte de

doctrinas políticas de la extrema izquierda y de la convicción de que toda creencia religiosa es una actitud ininteligente; por lo tanto, sólo aquellos lectores que comparten tales doctrinas le considerarán guía seguro: aquéllos que se inician en estos estudios no deben considerarle una autoridad. Con todo, el libro en su conjunto es de gran interés, pues el Profesor Bernal ha aplicado la gran agudeza de su mente para iluminar las relaciones entre la ciencia y la historia y no habrá lector que no encuentre centenares de afirmaciones discutibles, pero estimuladoras de nuevos pensamientos. Que nosotros sepamos es el primer libro de este tipo, y todo aquel que rotura un terreno virgen merece nuestra gratitud, aunque en la cosecha entren también las malas hierbas.

F. SHERWOOD TAYLOR

FARMACIA

The British Pharmaceutical Codex 1954. xxxii + 1340 págs. The Pharmaceutical Press, Londres. 1954. 63s.

La aparición de una nueva edición del *British Pharmaceutical Codex* sólo cinco años después de la anterior sirve para indicar la rapidez de los cambios en el tratamiento médico, ya que los intervalos anteriores eran todos de más de diez años. La función del *Codex* permanece idéntica: es, primeramente, una obra de referencia para quien receta y para quien dispensa medicinas; en segundo lugar, es una compilación de normas de sustancias no incluídas en la *British Pharmacopoeia*. Como ésta, el *Codex* es obra de un número de comités, cada uno de ellos encargado de determinado aspecto de la farmacia; el resultado significa por tanto un conjunto de informaciones muy valiosas, que han sido seleccionadas cuidadosamente por especialistas que conocen perfectamente tanto el aspecto teórico como el práctico de las materias en que se ocupan.

El libro tiene unas 400 páginas menos que la edición de 1934, indicándose que «la falta de espacio causada por la necesidad de incluir nuevas drogas de valor indudable es tal que la inclusión de otras no puede justificarse por la mera tradición o preferencia», lo cual ha debido de causar ciertas decisiones dolorosas entre los que han ayudado a su compilación. Las monografías, con sus fórmulas estructurales, están muy bien redactadas y magníficamente impresas. Por la obra toda nos complace felicitar a la Pharmaceutical Society.

J. H. BURN

FISICA

BELLAMY, L. J.: *The Infra-red Spectra of Complex Molecules*. xv + 321 págs. Methuen and Company Limited, Londres. 1954. 35s.

A pesar de los notables y rápidos avances de la espectroscopía del infrarrojo en la química física y orgánica, todavía existen muy pocos libros que puedan guiar a los investigadores que, con escaso o ningún conocimiento práctico o teórico, tienen que hacer uso de dicha técnica. Por lo tanto, todo texto de ese carácter debe tener necesariamente una buena acogida. El presente trata muy extensamente de un aspecto especial del estudio de las moléculas complejas: la diagnosis estructural por medio del espectro de absorción del infrarrojo. Este método se basa en que ciertos agrupamientos atómicos producen frecuencias de vibración que tienen aproximadamente la misma magnitud en diferentes moléculas, sin que influya el resto de la estructura molecular. Tales grupos pueden por tanto identificarse mediante las bandas de absorción que aparecen en determinadas posiciones. Como los espectros de absorción pueden medirse en la actualidad usando cantidades muy pequeñas de sustancias, este método ofrece notables posibilidades para el estudio de productos naturales y sintéticos: algunos casos espectaculares son testimonio del éxito del mismo.

Este libro contiene un estudio completo y un sumario de todas las correlaciones significativas ahora conocidas, prestándose en él detallada atención a los distintos tipos de enlaces carbono-hidrógeno en los hidrocarburos, a la variedad de los grupos carbonilo y de los enlaces nitrógeno-carbono, y a los sistemas cíclicos de diversos tipos. Todo investigador que tenga relación directa con estos temas hallará este estudio, con su completa bibliografía, una obra muy valiosa de referencia. El autor se ha esforzado asimismo por indicar las circunstancias en las que no son muy seguras las reglas de correlación, punto éste muy importante, ya que puede darse en el presente una cierta tendencia a utilizar este método sin la debida cautela. Numerosos factores, algunos de los cuales no conocemos bien todavía, pueden causar el desplazamiento de las bandas clave, lo cual debe tener bien presente todo experimentador al analizar los resultados. En efecto, pueden expresarse ciertas dudas respecto a algunas de las interpretaciones utilizadas por el autor en sus diagramas ilustrativos. Una de las dificultades deriva de que la intensidad intrínseca de la banda vibratoria de un determinado grupo puede alterarse considerablemente de una molécula a otra; sobre este fenómeno se ha investigado aún muy poco.

Este libro, aunque algo costoso para su tamaño, contiene valiosos y pertinentes datos y ha de ser de gran utilidad para el especialista o el químico orgánico industrial, aunque quizás sea demasiado exhaustivo para el estudiante.

H. W. THOMPSON

REILLY, Joseph y RAE, William Norman: *Physico-Chemical Methods* (5ª edición). Vols. I y II. 760 y 800 págs. respectivamente. Methuen and Company Limited, Londres. 1954. £7 10s.

La primera edición de este libro data de 1926; en la quinta se revisan ciertos capítulos de las anteriores. Un tercer volumen aparecido como suplemento en 1945 no ha sido revisado hasta la fecha.

El Vol. I trata de las medidas de longitud, masa, tiempo, presión, temperatura y otras propiedades físicas de las sustancias, tales como el calor específico y la viscosidad. Contiene también secciones que describen aparatos de baja y alta presión, sopletes de vidrio y trabajos a bajas temperaturas. El Vol. II incluye capítulos sobre los procesos de separación tales como la destilación y la cristalización, la espectrometría, las propiedades eléctricas de las soluciones, los cuerpos dieléctricos, los tubos de vacío termiónico y la radiactividad. El libro está muy bien impreso y las figuras y diagramas son excelentes y muestran todos los detalles de construcción.

En el Prefacio, el Profesor Reilly dice que «esta disciplina se ha extendido tanto . . . que es muy difícil que una persona pueda realizar satisfactoriamente la revisión de la obra.» Lo cual es indudablemente cierto, ya que ambos volúmenes cuentan más de 1500 páginas y los datos contenidos en algunas de ellas están un poco anticuados: por ejemplo, la obra contiene una sección muy reducida sobre la espectroscopía del infrarrojo, tema que ha experimentado un gran desarrollo desde la publicación de la anterior edición y que merece un tratamiento más completo y más actual. Parece que en algunos lugares de la obra, la revisión consiste en la adición de uno o dos párrafos y algunas referencias a la antigua sección. Hubiera sido mucho más satisfactorio integrar adecuadamente las adiciones al texto anterior.

Sin embargo, a pesar de que ciertas partes del libro no parecen haber recibido suficiente revisión, hay muchos elementos valiosos en ambos volúmenes, en especial en lo que se refiere a la descripción y explicación de los procedimientos y métodos de determinación ya establecidos. Esas secciones son de gran utilidad, como asimismo es muy ventajoso tener tantos datos experimentales reunidos en una sola obra.

J. W. LINNETT

FOTOGRAFIA

MEES, C. E. K.: *The Theory of the Photographic Process* (edición revisada). 1133 págs. The Macmillan Company, Nueva York. 1954. $21,50.

Bajo la dirección general del Vicepresidente encargado de las investigaciones de la Eastman Kodak Company, un notable equipo de los Laboratorios Kodak en Rochester y Harrow ha producido un estudio único del proceso fotográfico, recogido en este volumen de más de mil páginas. La primera edición, publicada en 1942, pronto quedó reconocida como excelente guía crítica y autoritativa de los estudios en esta materia. Los progresos realizados desde entonces, muchos de ellos resultado de las investigaciones de los laboratorios de Kodak, han exigido una amplia revisión del texto y una nueva redacción de muchos de sus capítulos, añadiéndose otros nuevos sobre los efectos fotográficos de las partículas con carga y de los rayos X. La Parte III, dedicada a la sensibilización óptica, es un estudio especialmente valioso de esta materia, en el que se incluyen numerosas aportaciones nuevas.

El proceso fotográfico aun ha de aportar fructíferos temas de investigación durante muchos años. Todo físico o químico atraído a la investigación fotográfica por las estimulantes referencias a incógnitas aun no resueltas coincidirá con todos aquéllos interesados en la teoría del proceso fotográfico en reconocer su deuda al Dr. Mees por fomentar entre los miembros de su personal las investigaciones fundamentales en tan grande escala, publicar los resultados de sus investigaciones y presentar sus doctrinas en un volumen tan completo como éste.

J. W. MITCHELL

GEOFISICA. GEOLOGIA

GOLDSCHMIDT, V. M.: *Geochemistry* (publicado por Alex Muir). 730 págs. Oxford University Press, Londres. 1954. 63s.

El autor de este libro, en su modesto prefacio que comienza: «Naturalmente, es muy difícil que un solo autor cubra el campo todo de la geoquímica», tiende a ocultar un hecho mucho más significativo: que pocos investigadores han realizado una contribución tan importante a cualquier disciplina, aún en los comienzos de ésta, como la que se puede acreditar a Goldschmidt en un campo de estudios con el que siempre se ha asociado su nombre. Este libro es una especie de sinfonía inacabada, ya que Goldschmidt lo dejó sin terminar antes de su muerte. Alex Muir, encargado de su publicación, ha realizado una labor extraordinaria, organizando los fragmentos de lo que habría de ser el texto del libro y completándolos con publicaciones anteriores del mismo autor, necesarias en ciertas secciones, así como con otros materiales, algunas veces simples notas de Goldschmidt o de personas que se habían hallado en contacto con éste. Sería lógico esperar que tal compilación careciese de coherencia; sin embargo, el libro no sólo es notablemente coherente sino, además, ameno y deja en el lector la misma fascinación sentida por los que conversaron o escucharon a Goldschmidt. Este podía muy bien hacer uso de sus conocimientos enciclopédicos para hablar en términos de igualdad con minerálogos, químicos, geólogos, cristalógrafos o metalurgistas. El progreso todo de la química moderna ha quedado profundamente afectado por los trabajos recogidos en este libro y por las doctrinas y filosofía que Goldschmidt construyó sobre los mismos.

La sección geoquímica detallada de los diversos elementos se publica principalmente como él la escribió; la sección teórica está algo resumida, lo cual nos parece lógico, ya que las teorías que él defendió pueden ser modificadas a la luz de posteriores experiencias y descubrimientos. Sin embargo, el libro permanecerá como una base monumental para el estudio de esta disciplina, presentando, como su autor hubiera querido, tanto la propia contribución de éste como los desarrollos científicos contemporáneos en ella inspirados.

F. M. BREWER

RANKAMA, K.: *Isotope Geology*. XVI + 535 págs. Pergamon Press Limited, Londres. 1954. 75s.

Las aplicaciones de la física nuclear a la geología se han extendido y multiplicado tan rápidamente desde el fin de la guerra que hoy existe una gran confusión en estos estudios, en los que el estudiante sólo cuenta con los trabajos originales, a menudo contradictorios. Por eso, el Profesor Rankama ha procurado poner orden en tanta confusión; las 150 primeras páginas de su libro son un estudio elemental de las principales propiedades de los núcleos estables y radiactivos, yendo seguidas de otras 300, en las que se estudia separadamente cada elemento. Finalmente, hay una bibliografía con unas 1300 entradas, algunas ya de 1954.

Los temas tratados incluyen la determinación de la edad de las rocas mediante diversos métodos, entre ellos el del uranio, plomo, estroncio, rubidio, potasio, argón y carbono; la edad de la corteza terrestre y de los elementos; las paleo-temperaturas de cocientes O^{18} : O^{16}; y el fraccionamiento biológico del azufre y su relación con la fecha de aparición de las bacterias. El enfoque de estos problemas es más bien el de un geoquímico que el de un geólogo y en él apenas se incide en el problema de integrar toda esta nueva serie de conocimientos al resto de la geología. Quizás sea mejor así: lo que era necesario — y lo que consigue el autor — era una obra de compilación y estudio crítico general.

La impresión, producción y papel del libro corresponden al alto nivel de la Pergamon Press.

E. C. BULLARD

INDUSTRIA

BARKER, T. C. y HARRIS, J. R.: *A Merseyside Town in the Industrial Revolution: St Helens* 1750–1900. XVIII + 508 págs. University Press of Liverpool, Liverpool. 1954. 30s.

Estudio — principalmente social y económico — de la transformación de una aldea en una ciudad industrial de unos 85 000 habitantes, este bien documentado libro contiene además numerosos datos de valor para todo lector interesado en la historia de la industria científica, principalmente de la industria química. Es de especial interés observar cómo la ubicación y desarrollo de una industria pueden quedar influídos, quizás decisivamente, por lo que en sí mismos parecen factores insignificantes. Así, el descuído de los fabricantes de álcali de definir legal y prácticamente en 1845 — para fines del transporte de sus materias primas por el canal de Sankey — el valor de la tonelada fué en gran medida la causa del

eclipse final de St. Helens por Widnes como centro de manufacturas químicas.

El desarrollo técnico de la industria del vidrio, que ha dado fama mundial a St. Helens, aparece descrito en detalle, así como el de las fundiciones de cobre, un día florecientes. El relato de la larga lucha entre el proceso del amoníaco-soda y el de Leblanc, que culminó en la formación de la United Alkali Company Limited en 1890, aunque breve, contiene numerosos y útiles detalles de difícil consulta en otras fuentes.

TREVOR I. WILLIAMS

FRANCIS, Wilfrid: *Coal.* VIII + 567 págs. Edward Arnold (Publishers) Limited, Londres. 1954. 84s.

En 1918, Marie Stopes y R. V. Wheeler publicaron una monografía — hoy clásica sobre la composición del carbón, en la que, en menos de 50 páginas, estudiaron críticamente los escasos conocimientos sobre la materia y señalaron claramente la amplitud del posible campo de investigaciones. En los 36 años siguientes no se ha publicado nada que abarque este tema tan completamente como el presente libro, descendiente directo de la famosa monografía y obra, como es justo, de uno de los discípulos de Wheeler. En ella, el Dr. Francis nos presenta un estudio comprensivo y bien al día de todos los trabajos relacionados con el origen y la constitución del carbón, estudio que será bien recibido por todo lector serio interesado en la ciencia del carbón, dentro de cuyo tema servirá como excelente obra de referencia.

A pesar de este elogio debemos decir que la lectura de este libro sugiere una serie de preguntas para las que no proporciona respuesta. ¿Hasta dónde ha avanzado nuestro conocimiento de las complejidades de la constitución del carbón? ¿Cuál ha sido la línea de ataque más fructífera? ¿En qué debe concentrarse toda nueva investigación? Todos esos son problemas que preocupan hoy al investigador, y un juicio crítico de los mismos, aunque sin duda hubiera introducido un elemento de controversia, habría también aumentado considerablemente el valor del libro. Aparte de esta ausencia de un análisis crítico del extenso conjunto de estudios que contempla la obra, la única crítica que podemos hacer de la misma es su insuficiente tratamiento de las investigaciones físicas sobre el carbón, que en años recientes han servido para incrementar nuestros conocimientos sobre la estructura de éste. El corto capítulo que trata de este aspecto no hace plena justicia a la versatilidad, ingenuidad, amplitud de miras y posibilidades de las contribuciones de los investigadores físicos. Quizás en este punto un colaborador hubiera sido de gran utilidad para fortalecer el libro.

No debemos, sin embargo, terminar en una nota crítica. Evidentemente, ésta es una obra notable, una gran hazaña para un solo autor. Además, está preciosamente impresa y magníficamente ilustrada.

A. M. WANDLESS

MATEMATICAS

SMITH, D. E. y SMITH, M. L. (Traductores): *The Geometry of René Descartes.* 243 págs. Dover Publications Inc., Nueva York. 1954. En rústica $1,50; en tela $2,95.

La «geometría cartesiana», como las «coordenadas cartesianas» son términos ya familiares del muchacho que aprende matemáticas en una escuela, y deben recordar la fundamental importancia de la *Géométrie* de René Descartes, en la que por vez primera se desarrolló sistemáticamente el método analítico. Este tratado vió la luz en 1637, en cierto modo como suplemento del *Discours de la Méthode*, con el cual iba no sólo encuadernado, sino hasta compaginado: no se publicó como obra aparte hasta 1664. Las primeras ediciones francesas son hoy muy raras y las publicadas en latín, aunque menos raras, son ilegibles para la mayoría de los estudiantes de historia de la ciencia.

En 1925 la Open Court Publishing Company publicó una edición facsímil de la primera de 1637, con una traducción inglesa de D. E. Smith (conocido historiador de las matemáticas) y M. C. Latham, impresa frente al texto, edición muy útil para quienes la lengua francesa, en una ortografía algo diferente de la actual, puede ofrecer dificultades. La presente edición publicada por Dover Publications parece ser copia fotográfica algo reducida de la publicación anterior, aunque no hemos encontrado referencia a ésta, excepto en el prefacio.

El ejemplar que se nos ha enviado está en rústica y las hojas aparecen sujetas simplemente con unas grapas, lo que sin duda explica la baratura del libro.

E. N. DA C. ANDRADE

TAYLOR, E. G. R.: *The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England.* (Prefacio de Sir Harold Spencer Jones.) XI + 443 págs. Cambridge University Press, publicado para el Institute of Navigation, Londres. 1954. 55s.

Estos «practicones» eran los fabricantes de instrumentos, topógrafos, profesores de arte matemática y de navegación, y otros ocupados en actividades científicas, pero no grandes científicos. El Profesor Taylor ha recogido datos biográficos referentes a 582 personas y descrito 628 libros por ellas escritos desde 1485 a 1715, rindiendo así gran servicio a los bibliógrafos e historiadores de la ciencia. La mayor parte de este material ha sido recogido de fuentes originales; de todos modos, los datos ya publicados anteriormente eran de difícil consulta, hallándose repartidos entre varias docenas de obras de referencia. El presente libro inicia una revolución en la historiografía de la ciencia de los siglos 16° y 17°, introduciendo en escena una serie de personajes de segunda importancia sin los cuales no nos es posible comprender bien a los grandes científicos, pues sin aquéllos, éstos no hubieran podido trabajar.

Además de las notas, el libro contiene una descripción de la evolución y progreso de los personajes estudiados y de la importancia de sus contribuciones. El lector general hallará nuevas perspectivas; el especialista se beneficiará de las notables investigaciones históricas ahora publicadas por vez primera.

D. J. PRICE

MEDECINA

POYNTER, F. N. L.: *A Catalogue of Incunabula in the Wellcome Historical Medical Library.* XV + 160 págs. Oxford University Press, Londres, publicado para el Wellcome Historical Medical Museum. 1954. 50s.

Como es sabido, los incunables son los libros impresos durante la infancia de la imprenta, aproximadamente desde 1450 hasta el final del siglo 15°. Durante esos 50 años se imprimió un número considerable de obras; el presente catálogo recoje no menos de 610, aunque algunas de ellas son diferentes ediciones de la misma obra. Fué ambición del lamentado Sir Henry Wellcome «obtener la primera, o cuando menos, una de las primeras ediciones de toda obra importante en la literatura médica»; podemos juzgar el éxito de esta empresa considerando que la colección que describe este catálogo contiene 117 obras no halladas en el British Museum. No todos los libros

aquí incluídos son obras de medicina exclusivamente, pues en aquellos tiempos no estaban muy claramente definidas las líneas de demarcación entre las diversas ramas del conocimiento: así, tanto la Biblia como la *Nuremberg Chronicle* se encuentran junto a los *Canon of Medicine* de Avicena y *De morbo gallico* de Gilinus, y *De arte amandi* de Ovidio junto a la *Therapeutica* de Galeno.

El autor de este catálogo da referencias a las bibliografías clásicas de incunables, pero añade detalles sobre los ejemplares en el Wellcome Museum tales como: origen, firmas y notas manuscritas, encuadernaciones antiguas, anteriores propietarios e inmediata procedencia. También incluye índices de nombres, materias, marcas de propiedad, impresores, países y ciudades, y cronología. La obra lleva 12 planchas. E. J. HOLMYARD

QUIMICA

BADGER, G. M.: *The Structures and Reactions of the Aromatic Compounds.* XIV + 456 págs. Cambridge University Press, Londres. 1954. 63s.

En este libro los problemas fundamentales de la química de los compuestos aromáticos se presentan limpios de toda desviación que los obscurezca, se plantean claramente y se discuten con gran amplitud. Los dos primeros capítulos tratan del problema del benceno y de su solución teórica, conduciendo a la definición de un compuesto aromático como un compuesto cíclico con una gran energía de resonancia, en el que todos los átomos del anillo participan en un único sistema conjugado. A continuación, el Dr. Badger considera las propiedades típicas de los compuestos aromáticos, incluyendo las reacciones de adición, de substitución, la de Diels-Alder, los espectros de absorción y fluorescencia, la foto-oxidación y la foto-polimerización, y la actividad óptica. Un capítulo especialmente útil trata de los efectos de los substituyentes; en él se reunen muchos datos diseminados en la literatura referente a estas cuestiones.

El libro está destinado a los estudiantes universitarios de los últimos cursos y a los recién egresados, pero también los especialistas han de encontrarlo útil como compendio de toda la teoría de los compuestos aromáticos. De estilo claro, bien presentado y provisto de índices de materias y nombres, la crítica que podemos hacerle es que los trabajos citados no son casi nunca posteriores a la mitad de 1951, y que el prefacio está fechado en 1952, lo que nos parece un lapso bastante largo.

E. J. HOLMYARD

BENTLEY, K. W.: *The Chemistry of the Morphine Alkaloids.* 433 págs. Oxford University Press, Londres. 1954. 50s.

Buena indicación de la extensión de las investigaciones sobre los alcaloides es que sea necesario un libro de más de 400 páginas para describir solamente los resultados de la investigación química de los alcaloides de la morfina. La gran experiencia de su autor ha permitido la inclusión en esta monografía de gran número de investigaciones realizadas durante las últimas décadas con objeto de aclarar la constitución de la morfina y sus afines, investigaciones que finalmente quedaron coronadas — y en cierto sentido completadas — con la síntesis de dichos compuestos.

El libro está dividido en 28 capítulos, lo que facilita el estudio de su contenido; en ellos se describe en detalle la iniciación e historia de las investigaciones sobre la morfina, las numerosas reacciones de degradación y reordenación de los alcaloides, y su biosíntesis y síntesis total *in vitro*. Todo lector que desee adquirir datos especiales sobre este grupo, los hallará sin dificultad en el libro, que contiene numerosas referencias a las publicaciones originales.

Esta obra nos parece indispensable para todo investigador interesado en esta rama de la química; en ella se recojen los notables esfuerzos que numerosos investigadores han dedicado a estas sustancias naturales en las últimas décadas. Sir Robert Robinson, uno de los iniciadores de las investigaciones sobre los alcaloides morfínicos, es el autor del prefacio. P. KARRER

BERRY, A. J.: *From Classical to Modern Chemistry.* XII + 251 págs. University Press, Cambridge. 1954. 25s.

Este libro se apodera del interés del lector desde la primera a la última página. El autor lo inicia con un estudio histórico del lugar que corresponde a ciertas teorías en la química e indica, acertadamente, que toda explicación de la reactividad química en términos de la mecánica sólo puede ser relativamente acertada. Las concepciones mecánicas, como las de la teoría de las tensiones de Baeyer, han sido, sin duda alguna, muy útiles, pero no consiguen en último término explicar las propiedades específicas de las sustancias individuales. Hasta la clásica teoría de los átomos y las moléculas, que fué esencial para el desarrollo de la química en el siglo 19°, resultó finalmente inadecuada, recordándonos el autor de este libro que la mayor parte de la física del mismo período se basaba en la concepción de la materia como un *continuum*.

Los capítulos que siguen tratan de las vicisitudes de la teoría del calor; los aspectos de la electricidad (en el concepto clásico) y de la electrólisis; la óptica física y la química; las magnitudes moleculares; la química analítica; las fórmulas químicas; los problemas de la valencia, de los radicales y de la constitución; y la química cinética. Al organizar la obra según los temas y no según los períodos, Mr. Berry presenta una perspectiva histórica útil, enfocando nuestra atención en los árboles y no en bosque, con lo que mejora nuestro conocimiento de ambos.

E. J. HOLMYARD

ECKEY, E. W.: *Vegetable Fats and Oils.* IX + 836 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 132s.

Este volumen viene a suceder al conocido *Vegetable Fats and Oils* de G. S. Jamieson, publicado en 1938. Su esquema es distinto, lo cual en ciertos respectos no supone una mejora. Se trata de un estudio comprehensivo y sistemático de todas las grasas del reino vegetal estudiadas hasta hoy, de sus características generales y, cuando se conoce, de su composición química detallada, de sus propiedades específicas y de su presente utilización industrial, cuando presenta interés técnico.

Los siete capítulos primeros son un estudio general de las características físicas y químicas de las grasas vegetales, su valor nutricional, la génesis de las grasas en las plantas y los métodos de análisis. El tratamiento no siempre alcanza el mismo nivel, llegando a veces a ser bastante difuso. El estudio general de la composición de las grasas vegetales es muy valioso, pero el de sus aspectos químicos y su origen no es lo suficientemente completo. El tratamiento del proceso mediante el cual el azúcar se convierte en grasa en la semilla de las plantas no hace más que repetir estudios anteriores, sin tener en cuenta recientes contribuciones a dicho tema.

La mayor parte de la obra, como en

el caso de su predecesora, está dedicada, como así debe ser, a la descripción de las grasas vegetales individuales. Jamieson las había ordenado alfabéticamente, después de dividirlas en los grupos generales entonces acostumbrados: aceites no secantes, semisecantes y secantes. Estas divisiones no son muy útiles y conviene agrupar las grasas según sus principales componentes ácidos; entonces puede observarse que las grasas seminales de determinada familia vegetal presentan con frecuencia características comunes. Sin embargo, Eckey ha ido más allá y ha clasificado las grasas vegetales según un régimen estricto de los órdenes botánicos a que pertenecen las plantas. En el presente estado de nuestros conocimientos, esto, más bien que simplificar, parece confundir las aparentes relaciones entre la composición de las grasas vegetales y el orígen botánico. Los lectores a quienes va destinada principalmente esta obra tendrán más interés por la composición química de las grasas que por su origen botánico, y, a pesar del índice, quizás hubieran preferido un tratamiento basado en las semejanzas constitutivas de las grasas específicas.

Mucho hay en este volumen merecedor de alabanza: evidentemente está escrito teniendo en cuenta los intereses de los lectores americanos, pero también será de utilidad en otros círculos. Está bien impreso, claramente ordenado y lleva índices adecuados.

T. P. HILDITCH

GUGGENHEIM, E. A. y PRUE, J. E.: *Physicochemical Calculations.* XII + 491 págs. North-Holland Publishing Company, Amsterdam. 1955. 53s.

Los profesores universitarios de química física saben desde hace ya tiempo que existe cierta distancia entre los experimentos descritos en las publicaciones originales y las que pueden realizarse en un laboratorio docente. Los estudiantes deben tener la oportunidad de trabajar críticamente con datos derivados de tipos que por una u otra razón no pueden ellos mismos observar. Indudablemente deben leer algunos trabajos originales, pero no pueden cubrir el campo todo de esta manera. El libro del Profesor J. H. Wolfenden, *Numerical Problems in Physical Chemistry* (Oxford, 1938), se proponía salvar dicha distancia suministrando los datos numéricos tomados de los trabajos originales y dejando que el estudiante, mediante la ayuda de ciertas indicaciones, computase a base de aquéllas las relevantes magnitudes. El Profesor Guggenheim y el Dr. Prue han encontrado otra solución para este problema; la diferencia estriba en que el cálculo se hace en el texto. Cada uno de los 171 problemas está planteado claramente, con referencias al trabajo original; se indica previamente el principio del cálculo (aunque quizá debieran haberse incluído referencias a los libros de texto reconocidos); a continuación se realiza el cálculo y se comenta críticamente el resultado obtenido. La selección de problemas es amplia y representativa. El libro será de gran utilidad en la enseñanza universitaria, aunque su precio nos parece excesivamente elevado.

E. F. CALDIN

ZOOLOGIA

WIGGLESWORTH, V. B.: *The Physiology of Insect Metamorphosis.* 152 págs. Cambridge University Press, Londres. 1954. 12s. 6d.

Los fisiólogo-entomólogos recibirán con satisfacción este incisivo estudio sobre el progreso realizado en nuestros conocimientos sobre la metamórfosis de los insectos. El rápido crecimiento del interés en estos estudios queda patente en el hecho de que de las 400 publicaciones aquí recogidas, más de la cuarta parte han aparecido durante los últimos cinco años. Esta monografía viene a ser, tanto para el especialista como para el lector general una oportuna evaluación de la posición actual.

Con gran acierto, el Profesor Wigglesworth ha elegido como tema central de su obra sus propios estudios, ya famosos, sobre el control hormonal de la metamórfosis en *Rhodnius*, con lo que el libro ha ganado en autoridad y claridad. Al considerar la metamórfosis no como una extensión del desarrollo embriológico sino como una expresión de polimorfismo, el autor otorga por un lado nuevo apoyo a una teoría debida a Swammerdam y, por otro, estímulo para posteriores investigaciones.

El alto nivel alcanzado por el autor en el primer volumen de esta serie de monografías sobre biología experimental causará el que el lector espere con interés las siguientes contribuciones a dicha serie.

Esta monografía está bien ilustrada y su producción alcanza la calidad que corresponde a las publicaciones de la Cambridge University Press.

R. DENNELL

Libros recibidos

(*Nota.* La mención de un libro en esta sección no excluye su futura revista.)

ASTRONOMIA

LOVELL, A. C. B.: *Meteor Astronomy.* XIV + 463 págs. Oxford University Press, Londres. 1954. 60s.

CIENCIA GENERAL

COSSA, P.: *La Cybernétique; «Du Cerveau Humain aux Cerveaux Artificiels».* 98 págs. Masson et Cie., París. 1955. Frs. 525.

GUYTHER, J.: *First Voyage.* 208 págs. Andrew Melrose Limited, Londres. 1954. 16s.

THORNTON, J. L. y TULLY, R. I. J.: *Scientific Books, Libraries and Collectors.* X + 288 págs. The Library Association, Londres. 1954. 24s.

United Kingdom Postgraduate Awards, 1954–5. 117 págs. The Association of Universities of the British Commonwealth, Londres. 1954.

CIENCIAS BIOLOGICAS

BEALE, G. H.: *The Genetics of* Paramecium Aurelia. 179 págs. Cambridge University Press, Londres. 1954. 12s. 6d.

BOLLE, F.: *Mensch und Mikrobe: Abenteuer im Unsichtbaren.* 396 págs. Safari-Verlag, Berlín. 1954. DM. 16,80.

CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. (Compilador): *Biology of Deserts.* 224 págs. Institute of Biology, Londres. 1954. 14s.

COLE, W. H. (Compilador): *Serological Approaches to Studies of Protein Structure and Metabolism.* XI + 97 págs. Rutgers University Press, Nueva Jersey. 1954. $2.

JOHNSON, F. H., EYRING, H., y POLISSAR, M. J.: *The Kinetic Basis of Molecular Biology*. VII + 874 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 120s.

KLENSCH, H.: *Einführung in die Biologische Registriertechnik*. X + 222 págs. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 1954. DM. 33.

LEVI, Giuseppe: *Trattato di Istologia*. Vols. I y II. XVI + 1171 págs. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Turín. 1954. 12 000 liras.

MARSHALL, N. B.: *Aspects of Deep Sea Biology*. 380 págs. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1954. 35s.

POCHON, J.: *Manuel Technique d'Analyse Microbiologique du Sol*. VIII + 123 págs. Masson et Cie., París. 1954. Frs. 750.

WAGNER, R.: *Probleme und Beispiele Biologischer Regelung*. 219 págs. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 1954. DM. 29,70.

CRISTALOGRAFIA

BORN, Max y HUANG, Kun: *Dynamical Theory of Crystal Lattices*. VIII + 420 págs. Oxford University Press, Londres. 1954. 50s.

FILOSOFIA

DINGLE, H.: *The Sources of Eddington's Philosophy*. 64 págs. Cambridge University Press, Londres. 1954. 3s. 6d.

MUCKERMANN, H.: *Vom Sein und Sollen des Menschen*. 344 págs. Westliche Berliner Verlagsgesellschaft Heeneman KG, Berlín-Wilmersdorf. 1954. DM. 22,50.

MÜLLER, W. D.: *Die Welt sieht anders aus*. 287 págs. R. Oldenbourg, Munich. 1954. DM. 15,80.

FISICA

JOHNS, R. V. y WARE, W. F.: *Advanced Level Examples in Physics*. VIII + 346 págs. Macmillan and Company Limited, Londres. 1954. 16s.

JOHNSTON, J. E., FAIRES, R. A., y MILLETT, R. J. (Compiladores): *Radioisotope Conference* 1954, Vol. II: *Physical Sciences and Industrial Applications*. IX + 223 págs. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1954. 45s.

The Physics of Particle Size Analysis (Conferencia organizada por el Institute of Physics, 6–9 de abril de 1954). British Journal of Applied Physics, Suplemento No. 3. VI + 218 págs. The Institute of Physics, Londres. 1954. 35s.

ROBERTSON, A. J. B.: *Mass Spectrometry*. 135 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Methuen and Company Limited, Londres. 1954. 8s. 6d.

SWAINGER, K.: *Analysis of Deformation*. Vol. II. XXXVI + 365 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 70s.

GEOLOGIA

KIRKALDY, J. F.: *General Principles of Geology*. 327 págs. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1954. 25s.

LEVORSEN, A. I.: *Geology of Petroleum*. X + 703 págs. W. H. Freeman and Company, California; Bailey Brothers and Swinfen Limited, Londres. 1954. 68s.

MATEMATICA

DE MORGAN, A. (con una nueva introducción por NAGEL, E.): *A Budget of Paradoxes*. 387 págs. Dover Publications Inc., Nueva York. 1954. $4,95.

MEDICINA

DAVIES, C. N.: *Dust is Dangerous*. XVII + 116 págs. Faber and Faber Limited, Londres. 1954. 21s.

The National Formulary 1955. 210 págs. The Pharmaceutical Press, Londres. 1955. Ordinario, 5s.; interfoliado, 8s.

RAJEWSKY, B.: *Strahlendosis und Strahlenwirkung*. 112 págs. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 1954. DM. 11.

SHAW, J. H. (Compilador): *Fluoridation as a Public Health Measure*. V + 232 págs. American Association for the Advancement of Science, Washington; Bailey Brothers and Swinfen Limited, Londres. 1954. 40s.

PSICOLOGIA

ZANGWILL, O. L.: *Psychology as the Study of Behaviour (an Inaugural Lecture)*. 36 págs. Cambridge University Press, Londres. 1954. 2s. 6d.

QUIMICA

COR, P.: *Émulsions, Mousses, Détersion*. XVI + 129 págs. Dunod, París. 1955. Frs. 980.

GLASCOCK, R. F.: *Isotopic Gas Analysis for Biochemists*. VIII + 247 págs. Academic Press Inc., Nueva York; Academic Books Limited, Londres. 1954. $5,80.

LOVERN, J. A.: *The Chemistry of Lipids of Biochemical Significance*. XIII + 132 págs. Methuen and Company Limited, Londres. 1955. 8s. 6d.

STEACIE, E. W. R.: *Atomic and Free Radical Reactions*. Vols. I y II. (2a edición.) X + 901 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. £11 4s.

THORNE, P. C. L. y ROBERTS, E. R.: *Ephraim's Inorganic Chemistry*. (6a edición.) XII + 956 págs. Oliver and Boyd Limited, Edimburgo. 1954. $5,80.

WILLIAMS, T. I.: *The Elements of Chromatography*. 90 págs. Blackie and Son Limited, Glasgow. 1954. 9s. 6d.

WINOGRADOW, A. P.: *Geochemie seltener und nur in Spuren vorhandener Elemente im Boden*. (Traducido del ruso.) 249 págs. Akademie-Verlag, Berlín. 1954. DM. 23.

WINSOR, P. A.: *Solvent Properties of Amphiphilic Compounds*. IX + 207 págs. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1954. 40s.

TECNOLOGIA

CORLEY, H. M. (Compilador): *Successful Commercial Chemical Development*. XXV + 374 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 62s.

SONNEBORN, R. H.: *Fiberglas Reinforced Plastics*. XII + 244 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 36s.

WEIL, B. H. (Compilador): *The Technical Report: Its Preparation and Use in Industry and Government*. XII + 485 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 96s.

ZOOLOGIA

LACK, D.: *The Natural Regulation of Animal Numbers*. 343 págs. Oxford University Press, Londres. 1954. 35s.

WRAGGE MORLEY, D.: *The Evolution of an Insect Society*. 215 págs. George Allen and Unwin Limited, Londres. 1954. 18s.

Notas sobre los colaboradores

SIR JOHN COCKCROFT

Nació en Todmorden, Yorkshire, en 1897, y estudió en la Universidad de Manchester y en el *St. John's College* de Cambridge. Después de investigar la producción de elevados campos magnéticos y de bajas temperaturas, colaboró con E. T. S. Walton en los estudios sobre la desintegración de los núcleos. En 1935 se hizo cargo del Laboratorio «Mond» de la *Royal Society*, en Cambridge, dirigiendo las investigaciones sobre las bajas temperaturas. En 1939 fué nombrado Catedrático de Filosofía Natural. Durante la guerra se ocupó de investigar los problemas del radar como Jefe Superintendente de Investigaciones de la Defensa Aérea. En 1940 tomó parte en los estudios preliminares sobre la viabilidad de las bombas y pilas atómicas. En 1944 fué nombrado Director de los Laboratorios de Chalk River, Canadá. Regresó a Inglaterra en 1946 para hacerse cargo de la Dirección del Centro de Investigación sobre la Energía Atómica, Harwell.

T. G. PICKAVANCE

Nació en 1915 y estudió en la Universidad de Liverpool. Entre 1937 y 1939 colaboró en la construcción del ciclotrón de Liverpool y realizó estudios sobre las radiaciones cósmicas. En 1946 ingresó en el Centro de Investigaciones sobre la Energía Atómica de Harwell como jefe de un equipo encargado de la construcción y uso del sincrociclotrón de 280 cm.

J. M. BIJVOET

Nació en Amsterdam en 1892 y estudió química en la Universidad Municipal de dicha ciudad, donde fué nombrado profesor de cristalografía y termodinámica en 1929. En 1939 ocupó su puesto actual de Catedrático de Física Química en la Universidad de Utrecht. Todas sus investigaciones se han relacionado con el análisis de rayos X. Ha establecido en Holanda una escuela de cristalografía röntgenográfica, publicando, en colaboración con el Dr. Kolkmeyer y con el Prof. MacGillavry, un texto introductorio sobre el análisis de rayos X. Es Director de una Sección de *Structure Reports*, publicado por la Unión Internacional de Cristalografía, de la que fué Presidente en 1951–4. Es Miembro de la Academia de los Países Bajos y Miembro Correspondiente de la Academia Flamenca.

WILLIAM HOLMES

Nació en 1917 y estudió en el *Magdalen College* de Oxford. En la actualidad es profesor de zoología y anatomía comparada en Oxford. Gran parte de sus investigaciones se relacionan con la histología del sistema nervioso.

E. GLUECKAUF

Nació en 1906 y estudió química en la Universidad y la *Technische Hochschule* de Berlín. Más tarde llevó a cabo investigaciones en el laboratorio de F. A. Paneth, primero en el *Imperial College* de Londres y luego en Durham. En 1947 ingresó en el Centro de Investigaciones sobre la Energía Atómica, Harwell. Sus principales contribuciones consisten en trabajos sobre la teoría de la cromatografía y del intercambio iónico, sobre los microconstituyentes de la atmósfera y sobre aspectos especializados de la radioactividad.

DEREK J. PRICE

Nació en 1922 y estudió física experimental en la Universidad de Londres, ocupándose después de investigar las propiedades ópticas de los metales a elevadas temperaturas. Tras una temporada de profesorado en la Universidad de Malaya, ganó una beca de *Imperial Chemical Industries* en la Universidad de Cambridge, para el estudio de la historia de los instrumentos científicos. En la actualidad continúa dichos trabajos en el *Christ's College* de Cambridge con la ayuda de la Fundación Nuffield. Es autor de *The Equatorie of the Planetis*, edición de un manuscrito astronómico que se supone ser un trabajo hológrafo de Geoffrey Chaucer.

SIR FRANCIS KNOWLES

Nació en Ottawa en 1915 y estudió en el *Oriel College* de Oxford, donde se especializó en zoología y anatomía comparada. En 1937 obtuvo una beca de la Universidad de Oxford, que le permitió ir a la *Stazione Zoologica* de Nápoles a estudiar la endocrinología de las lampreas y crustáceos. Allí inició además sus estudios sobre la neurosecreción, que luego continuó en las Islas Bermudas, financiado por la *Royal Society*. En la actualidad disfruta una subvención de la Fundación Nuffield que le permite realizar un programa de investigaciones sobre la neurosecreción en los crustáceos. Desde 1938 dirige el Departamento de Biología del *Marlborough College* y ha publicado varios textos de biología elemental.